

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

1
2025



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



Agros
2025 expo

ИНТЕРВЬЮ

Генеральный директор
«Агрос Экспо Групп»
Геннадий Мындру о выставках
«АГРОС» и «АГРОТЕХ»

16

ЗООТЕХНИЯ

Состояние исследований
главного комплекса
гистосовместимости (OLA)
у овец

93

ЭКОНОМИКА

Цифровая экосистема
АПК РФ: возможности
и ограничения
имплементации

140

Agros 2025 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

Птицеводство | Свиноводство | Корма | Ветеринария
Молочное и мясное животноводство | Племенное дело
Полевое кормопроизводство | Кормозаготовка
Комбикормовая промышленность | Хранение зерна

22-24 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

- ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ
- СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИКА
- КОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ПРЕМИКСЫ
- ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 СПИКЕРОВ:

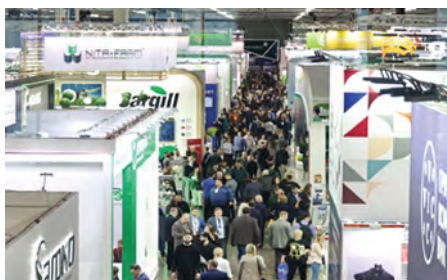
- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА
ПРЯТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА

НОВОЕ
В 2025г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
МЯСОПЕРЕРАБОТКИ

МУКОМОЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАСЛОЖИРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



«Выставка Агрос - №1 в животноводстве в России и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов»

Алексей Гордеев, заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ

СОВМЕСТНО С

PotatoHorti
2025 agritechexpo

800+ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ
21 000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
80+ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОГРАММЫ
600+ ЭКСПЕРТОВ



AGROS-EXPO.COM

РЕКЛАМА

Больше информации об участии в наших выставках:

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com

Организатор: ООО «Агрос Экспо Групп»

САМАЯ
АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
О ВЫСТАВКЕ



КОНТАКТЫ

ОТДЕЛ ПРОДАЖ В Г. ВОРОНЕЖЕ

Тел.: +7 (473) 206-67-48

E-mail: opvmsd@efko.ru

ОТДЕЛ ПРОДАЖ В Г. АЛЕКСЕЕВКЕ

Тел.: +7 (47234) 4-59-62

E-mail: opmsd@efko.ru

Тольяттинский комбинат пищевых продуктов –
партнёр ГК «ЭФКО» по переработке семян
подсолнечника.

ШРОТ

соевый, рапсовый, подсолнечный

ЗАЩИЩЁННЫЙ ПРОТЕИН

соевый, подсолнечный

СОЕВАЯ ОБОЛОЧКА

МАСЛО

соевое, рапсовое, подсолнечное

ЗАЩИЩЁННЫЙ ЖИР

Кормовая добавка:
Жир модифицированный ULTRA FEED F

Кормовой концентрат:
Защищённый жир EXTRA FEED F

Кальциевые соли жирных кислот
CALCI FEED MAX (для КРС)

СДЕЛАЕМ КОРМА ЭФФЕКТИВНЕЕ



© журнал «Аграрная наука»

© авторы

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



DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

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

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

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

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20
Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 2
Тел. редакции +7 (916) 616-05-31
agrovetpress@inbox.ru
www.vetpress.ru
<https://agrarnayanauka.ru>
Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

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

На печатный журнал можно подписаться:
в редакции по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, agrovetpress@inbox.ru;
в агентстве подписки ООО «Урал-Пресс Округ» — <https://www.ural-press.ru/catalog/>;
Бесплатная подписка на электронную версию — <https://agrarnayanauka.ru>
Подписка на архивные номера и отдельные статьи: на сайте научной редакции <https://www.vetpress.ru/jour> на сайте научной электронной библиотеки www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 09.01.2025

Дата выхода в свет 17.01.2025

Отпечатано в типографии ООО «Пропечать»:
119618, г. Москва, Боровское ш,
дом 2А, корп. 4, кв. 260

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

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

Издатель:

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

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора:

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

Редакционная коллегия

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

АГРОНОМИЯ

РЕДАКЦИОННО-ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

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

Гричанов И.Я., PhD, 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. Редут, Маврикий.

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

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

Шехата М.Г.М., PhD, 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.

Ишевская 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.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

Account Manager Teplova A.S.

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

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

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

Websites: www.vetpress.ru
<https://agrarnayanauka.ru>

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

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

You can subscribe to the print magazine:

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

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

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

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

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

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

The circulation of 2000 copies.

Signed in print 09.01.2025

Release date 17.01.2025

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

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

Publisher:

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

EDITOR-IN-CHIEF

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

Deputy Editor-in-Chief

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

THE EDITORIAL BOARD

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

Radchikov V.F., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific and Practical Center for Animal Husbandry of the National Academy of Sciences of Belarus, Zhodino, Belarus.
Rustamova S.I., PhD, Veterinary Research Institute under the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan.
Semenov V.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia.
Shcherbakov P.N., Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.
Sotnikova L.F., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.
Stepanova M.I., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia.
Topuria L.Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor, Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

AGRONOMY

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Godswill N.N., PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.
Juraev M.Ya., PhD, Associate Professor, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan.
Nasiev B.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian Technical University, Uralsk, Kazakhstan.
Thiruvengadam M., PhD, Konkuk University, Seoul, South Korea.

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Bunin M.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Central Scientific Agricultural Library, Moscow, Russia.
Dolzhenko T.V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Saint-Petersburg state agrarian university, Pushkin, St. Petersburg, Russia.
Dragavtseva I.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia.
Grichanov I.Ya., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, All-Russian Research Institute of Plant Protection, Pushkin, Russia.
Islamgulov D.R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.
Jalilov F.S., Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.
Kalmykova E.V., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia.
Kazakhmedov R.E., Doctor of Biological Sciences, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Russia.
Nikitin S.N., Doctor of Agricultural Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtsev, Ulyanovsk, Russia.
Zeynalov A.S., Doctor of Biological Sciences, Federal Scientific Selection and Technological Center for Horticulture and Nursery, Moscow, Russia.

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

EDITORIAL AND EXPERT COUNCIL:

Afrasyab Kh., Doctor of Fluid Mechanics and Fluid engineering Machinery, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia.
Darwish A.M.G., PhD, 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

НОВОСТИ	10
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ	

Россия наращивает производство и экспорт рапсового масла.....	12
Кадровый вопрос в АПК: проблемы и решения.....	14
До ключевого события в сфере АПК остаются считанные дни. Запланируйте посещение на все три дня, чтобы успеть всё!.....	16
Марбофлоцин® 10% — современный подход к лечению мастита у коров.....	18
Инновационные решения проблемы микотоксикозов.....	20
Предупрежден – значит, вооружен: научный подход к силосованию кормов.....	22
Актуальные вопросы диагностики болезни Ауески.....	26
Эффективность использования микробиологического препарата Феркон Д для ускорения деструкции биологических отходов животноводства и получения органических удобрений.....	28
Контроль пролиферативной энтеропатии свиней при использовании фитобиотических кормовых добавок.....	31
Преимущества производственной ИФА-лаборатории для предприятий АПК.....	34

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

ОТ РЕДАКТОРА

Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Итоги года.....	37
---	----

ВЕТЕРИНАРИЯ

Меликова Ю.Н., Чечнева А.В., Верницкая Л.А. Цитоархитектоника и морфофункциональные показатели дермальных мастоцитов в области лицевого скелета у собак.....	50
Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Лизосомальные катионные белки как основа клеточного и гуморального иммунитета животных: роль нейтрофильных внеклеточных ловушек в иммунном гомеостазе (обзор).....	57

ЗООТЕХНИЯ

Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Весовой рост телочек молочного периода от матерей разного возраста.....	71
Абилов А.И., Дунин М.И., Козменков П.Л., Устименко А.В. Развитие телочек в зависимости от живой массы при рождении и уровня иммуноглобулинов в молозивный период.....	79
Цис Е.Ю., Дуборезов В.М. Характеристика компонентного состава молока первотелок при разном уровне кормления.....	86
Марзанова С.Н., Девришов Д.А., Фатахов К.Ф., Марзанов Н.С. Состояние исследований главного комплекса гистосовместимости (OLA) у овец.....	93

АГРОНОМИЯ

Садиков А.Т. Изучение показателей продуктивности и урожайности сортов и линий хлопчатника при выращивании в условиях Центрального Таджикистана.....	100
Пономарева М.Л., Гараева Н.Ш., Пономарев С.Н., Павлова С.Ю., Иванова И.О. Дифференциация генетических ресурсов озимой тритикале по устойчивости к возбудителю розовой снежной плесени (<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels and I.C. Hallett).....	106

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Довлатов И.М., Комков И.В. Математическое имитационное моделирование автоматизированной системы для снижения теплового стресса и сходимость с теоретическими значениями.....	114
Калинина И.В., Потороко И.Ю., Руськина А.А. Микотоксины в пищевых системах: механизмы деградации для обеспечения эффективности нетепловых воздействий обеззараживания.....	121
Тлевлесова Д.А., Абуова А.Б., Макеева Р.К., Кожаканова Ж.К., Ибраихан А.Т., Бакытжанулы Р. Повышение пищевой ценности и функциональных свойств, оптимизация рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина.....	130

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Пивоварова О.В., Орлов С.Л., Хачатрян А.А. Цифровая экосистема агропромышленного комплекса Российской Федерации: возможности и ограничения имплементации.....	140
Аксенов И.А., Трунин Г.А., Фабриков М.С., Лисятников М.С., Прусов Е.С., Рощина С.И., Дубровин М.А. Анализ мирового производства риса по статистическим данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций.....	154
Карпова С.В., Багреева Е.Г., Трифонов П.В. Трансформация потребительского поведения на агропродовольственном рынке России в условиях санкций: социально-психологические детерминанты и адаптационные стратегии.....	167
Рожков И.В., Русин В.Н., Захаренко И.К., Солдатов Н.Ф. К вопросу оценки финансирования научных исследований в области сельского хозяйства за счет бюджетных средств.....	173

ЮБИЛЕЙ

Ученый, педагог Владимир Дулмажапович Раднатаров.....	178
---	-----

ДИАЛОГ

Международная премия
за развитие коммуникаций в сфере АПК

НОМИНАЦИИ

НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

по версии журнала «Аграрная наука» по итогам 2024 года

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

ДИАЛОГ ГОСУДАРСТВА И ОТРАСЛИ

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

БИЗНЕС-КОММУНИКАЦИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Церемония награждения лауреатов

Дата: 22 января 2025 г.

Время: 11:30–12:00

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

ПОДРОБНОСТИ



Организатор:

ИД «Аграрная наука»

Контакты:

Оргкомитет: + 7 (916) 616-05-31

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

agrovetpress@inbox.ru



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

CONTENTS

INFORMATIONAL, PRACTICAL, ANALYTICAL AND ADVERTISING MATERIALS

NEWS 10

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Russia is increasing production and export of rapeseed oil 12

Personnel issues in the agro-industrial complex: problems and solutions 14

There are only a few days left until the key event in the agricultural sector 16

Marboflozin® 10% is a modern approach to treating mastitis in cows 18

Innovative solutions to the problem of mycotoxicosis 20

Forewarned is forearmed: a scientific approach to ensiling feed 22

Current issues in the diagnosis of Aujeszky's disease 26

Efficiency of using the microbiological preparation Ferkon D 28

Control of proliferative enteropathy of pigs using phytobiotic feed additives 31

Advantages of an industrial ELISA laboratory for agricultural enterprises 34

SCIENTIFIC ARTICLES

EDITOR'S COLUMN

Rebezov M.B., Violin B.V. Results of the year 37

VETERINARY MEDICINE

Melikova Yu.N., Chechneva A.V., Vernitskaya L.A. Cytoarchitectonics and morphofunctional parameters of dermal mastocytomas in the area of the facial skeleton in dogs 50

Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Lysosomal cationic proteins as the basis of cellular and humoral immunity of animals: the role of neutrophil extracellular traps (NETs) in immune homeostasis (review) 57

ZOOTECHNICS

Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S. Yu. Weight growth of heifers of the dairy period from mothers of different ages 71

Abilov A.I., Dunin M.I., Kozmenkov P.L., Ustimenko A.V. The growth of heifers depending on birth weight and the level of total immunoglobulins in the colostrum period 79

Tsis E. Yu., Duborezov V.M. Characteristics of the component composition of milk from first-calf heifers at different feeding levels 86

Marzanova S.N., Devrishov D.A., Fatakhov K.F., Marzanov N.S. Status of research on the major histocompatibility complex (OLA) in sheep 93

AGRONOMY

Sadikov A.T. Study of productivity and yield indicators of cotton varieties and lines when grown in the conditions of Central Tajikistan 100

Ponomareva M.L., Garaeva N.Sh., Ponomarev S.N., Pavlova S. Yu., Ivanova I.O. Differentiation of genetic resources of winter triticale by resistance to the causative agent of pink snow mold (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett) 106

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Dovlatov I.M., Komkov I.V. Mathematical simulation modeling of an automated system to reduce heat stress and convergence to theoretical values 114

Kalinina I.V., Potoroko I. Yu., Ruskina A.A. Mycotoxins in food systems: degradation mechanisms for effective non-thermal disinfection 121

Tievlessova A.D., Abuova A.B., Makeeva R.K., Kozhakanova Zh.K., Ibraikhan A.T., Bakytzhanuly R. Increasing the nutritional value and functional properties, optimizing the recipe of a dessert based on goat's milk curd paste with the addition of talkan and inulin 130

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Pivovarova O.V., Orlov S.L., Khachatryan A.A. Digital ecosystem of the agricultural sector of the Russian Federation: opportunities and limitations of implementation 140

Aksenov I.A., Trunin G.A., Fabrikov M.S., Lisyatnikov M.S., Prusov E.S., Roshchina S.I., Dubrovin M.A. Analysis of world rice production according to statistical data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations 154

Karpova S.V., Bagreeva E.G., Trifonov P.V. Transformation of consumer behavior in the Russian agro-food market under sanctions: socio-psychological determinants and adaptation strategies 167

Rozhkov I.V., Rusin V.N., Zakharenko I.K., Soldatova N.F. Funding of scientific research in the field of agriculture through budgetary funds 173

JUBILEE

Scientist, teacher Vladimir Dulmazhapovich Radnatarov 178



XXXIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2025



**9-11
АПРЕЛЯ
2025**

ОБУЧЕНИЕ! ОТДЫХ! ОБЩЕНИЕ!



18+



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

www.vetcongress.ru
infosupport@vetcongress.ru
+7 (495) 989 44 60



ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ
ПИТАНИЯ
И БЛАГОПОЛУЧИЯ
ЖИВОТНЫХ

par+ners

ВЕТПРОМ



ГРУППА
КОМПАНИЙ
ВИК

Валта
пет продукты

МИРАЛЕК

ВЕТБИОХИМ

NITA-FARM
ветеринарная фармацевтика

Реклама



KRKA

МОСЗООВЕТСНАБ
мы работаем с любовью

Brit

apicenna
ветеринарные фармацевтика



Happy pet. Happy You.

ЯРВЕТ



neoterica
ветеринарные препараты

астрофарм
Группа компаний

ВЛАДИМИР ПУТИН НАЗВАЛ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ОДНОЙ ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

Президент России В. Путин на прошедшей 19.12.2024 совмещенной прямой линии и пресс-конференции назвал сельское хозяйство одной из ключевых отраслей экономики Российской Федерации. «Она развивается хорошим темпом: 3% в год», — заявил он. Глава государства, проинформировав об обеспеченности в целом финансированием программы социально-экономического развития села, обозначил в качестве главных задач увеличение доходов и повышение уровня благосостояния сельских жителей. Он выделил кадровый вопрос, отметив, что работа на селе становится всё более интересной и требует специалистов высокого класса, высокой квалификации: биологов, химиков, агрономов, генетиков.

(Источник: ТАСС)



БПЛА — В СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В настоящее время доля РФ на мировом рынке БАС составляет около 0,3% по количеству произведенных беспилотных систем. Такую информацию представил первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию С. Митин, выступая на Международной научно-практической конференции «Применение беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве».

На текущий момент рынок представлен 20–30 крупными и средними производителями и 100–120 мелкими производителями, проинформировал законодатель. «Показательно, что к 2023 году сельское хозяйство вошло в лидеры среди отраслей, в которых применяются беспилотные гражданские системы, — 20% всех услуг», — отметил он. Создание соответствующей системы регулирования отрасли должно определить технические и эксплуатационные требования к дронам, решить вопросы конфиденциальности данных, безопасности использования как для населения, так и для других воздушных судов, заявил сенатор.

«Полагаю, драйвером развития отрасли станет утвержденный правительством в прошлом году национальный проект «Беспилотные авиационные системы», согласно которому к 2030 году производство беспилотников составит 32,5 тысяч штук ежегодно, что в три раза превышает текущие объемы», — отметил парламентарий.

(Источник: Официальный сайт Совета Федерации)

СКФУ: РАСШИФРОВАНЫ БОЛЕЕ 242 ГЕНОМОВ ОВЕЦ 21 ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОРОДЫ

Как сообщила пресс-служба Северо-Кавказского федерального университета, ученые вуза завершили этап исследований по программе изучения генетики мелкого рогатого скота в рамках проекта «Приоритет-2030», расшифровав более 242 геномов овец 21 российской породы.

Научный проект геномного центра университета продлился более 200 дней, потребовав практически круглосуточной работы вычислительных систем. Процесс сборки одного генома занимает более 12 часов машинного времени даже на мощных серверах центра, при этом каждая буква генома прочитывается до 30 раз для минимизации ошибок, уточнили в вузе.

Подобный проект по сборке геномов из сырых данных реализован на Северном Кавказе впервые, отметила заведующая кафедрой генетики и селекции медико-биологического факультета университета д-р биол. наук Н. Лиховид. Она пояснила, что на основе полученных новых сборок геномов проведено сравнение строения некоторых генов мясной продуктивности у овец с результатами изучения их структуры и мутаций, которые ранее провели ставропольские ученые. «Результаты нашей работы будут полезны для повышения эффективности мясного животноводства в регионе», — заявила биолог.

Как отметили в СКФУ, на основе полученной генетической информации совместно с СК ФНАЦ продолжается работа над оценкой мясной продуктивности овец разных генотипов и разработка новых биопрепаратов, повышающих иммунитет и прирост мышечной массы животных. Геномный центр СКФУ был открыт в 2024 году в рамках реализации программы развития университета и задач, поставленных губернатором Ставропольского края по созданию центра генетических технологий, уточнили в вузе.

РОСКАЧЕСТВО ПРОДОЛЖИТ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА МЕДА

Роскачество предлагает усилить меры контроля за качеством меда на российском рынке. Об этом сообщил руководитель АНО «Российская система качества» М. Протасов в ходе совещания по вопросам обеспечения качества меда, прошедшего 02.12.2024 в Совете Федерации, информирует ТАСС.

«Считаем необходимым усилить входной контроль на всех уровнях. Фасовщики должны тщательно исследовать поступающее сырье, а торговые сети обязаны проверять качество готовой продукции перед реализацией», — отметил эксперт. Помимо этого, необходимо уточнить требования к ветеринарным свидетельствам, включая указание ботанического происхождения меда, а также ограничить допустимый объем меда с одной пчелосемьи для сертификации, добавил он. Роскачество будет продолжать ежемесячный мониторинг качества меда, отметил спикер, порекомендовав торговым сетям ужесточить контроль за собственными торговыми марками (поскольку существенная доля таких продуктов не соответствует обязательным требованиям) и оперативно выводить из продаж продукцию фальсификаторов.





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

РОССИЯ НАРАЩИВАЕТ ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПОРТ РАПСОВОГО МАСЛА

Ведущие эксперты обсудили промежуточные итоги нового сельхозсезона и прогнозы на 2025 год в рамках IX конференции «Российское растениеводство. Осень 2024: зерновые, масличные и сахарная свекла». Организатором мероприятия, прошедшего 24.10.2024 в Москве в гибридном формате, выступил проект Agrotrend.ru.



Сельскохозяйственный сезон 2023/24 гг., когда на зарубежные рынки Россией был поставлен рекордный объем зерновых и зернобобовых (более 76 млн т), оказался крайне успешным для отечественных экспортеров и задал высокую планку на ближайшее будущее, отметил заместитель директора ФГБУ «Агроэкспорт» Е. Зайцев, выступая на конференции. Согласно его презентации, основными направлениями экспортных поставок этих культур для РФ в минувшем сельхозсезоне стали страны Ближнего Востока, Северной Африки и Юго-Восточной Азии.

Прогнозируя развитие событий, докладчик, в частности, отметил, что Россия может стать одним из ключевых экспортеров рапсового масла, что связано и с высоким урожаем семян рапса в стране (по предварительным подсчетам, в 2024 г. в РФ валовой сбор рапса вырастет на 20% — до 5 млн т, обеспечив таким образом благоприятные условия для расширения его экспорта), и с развитием

логистической инфраструктуры, и с изменениями на международном рынке, вызванными в том числе, усилением торговой напряженности между Китаем и Канадой. Всё это, а также снижение производства рапса в ЕС на 2,5 млн т откроет, по его мнению, для российских сельхозтоваропроизводителей и переработчиков новые возможности, которые необходимо будет максимально эффективно использовать, чтобы укрепить позиции на внешних рынках и способствовать развитию масложировой отрасли РФ.

Рекордный урожай семян рапса (и благоприятные для производителей цены на него в силу растущего спроса со стороны Китая) отметил и исполнительный директор Масложирового союза России М. Мальцев. А вот прогноз урожая сои, заметил он, несколько снижен. «Мы ожидали рекордный урожай в 7,4 миллиона тонн, а сегодня скорректировали прогноз до 6,8–7 миллионов тонн, — сказал докладчик. — Посмотрим,

как закончится уборка. В целом тоже очередной рекорд».

Анализируя положение дел в РФ с еще одной масличной культурой (подсолнечником), он сообщил: «Недобор урожая, который мы увидели на юге и в центре страны, будет частично компенсирован Поволжьем, а насколько — есть разные оценки. Например, накануне компания «Русагро», один из крупнейших игроков этого рынка, представила прогноз в 16,2 миллиона тонн (вместо 15,5 миллионов тонн — без новых территорий, которые считали ранее)».

Общий урожай масличных культур в России составит порядка 29 млн т. Такие данные озвучил заместитель руководителя Центра отраслевой экспертизы АО «Россельхозбанк» О. Князьков. «По урожаю подсолнечника, на сегодняшний день прогнозируемому в районе 17 миллионов тонн, не исключен, несмотря на снижение урожайности из-за погодных условий, и более высокий результат — до 18 миллионов тонн, — сообщил он. — Производство соевых бобов предположительно может составить 7 миллионов тонн, а рапса — 5 миллионов». Зернобобовые сохраняют лидерство после рекордного урожая 2023 года, основной драйвер — увеличение экспортных поставок в адрес Индии, отметил в своей презентации эксперт.

По информации директора департамента информационно-аналитического обеспечения Российского зернового союза (РЗС) Е. Тюриной, прогноз по валовому сбору зерна на сезон 2024/25



составляет 125 млн т (-13,7% год к году), в том числе пшеницы — 83 млн т (-10,7% год к году), ячменя — 17,5 млн т (-17,1% год к году), кукурузы — 13 млн т (-21,7% год к году).

Снижение показателей, по мнению спикера, вызвало сокращение посевных площадей из-за низкой рентабельности производства зерновых культур, о чем свидетельствовали «даже данные Росстата», а также неблагоприятные погодные условия — весенние заморозки и аномально жаркое лето.

Помимо этого, в РЗС отмечают сокращение экспорта зерна, которого с 1 июля по 20 октября 2024 года было экспортировано 25,2 млн т (-9,3% год к году), в том числе пшеницы — 21,3 млн т (-3,6% год к году), ячменя — 3 млн т (-28,6% год к году), кукурузы — 0,9 млн т (-35,7% год к году).

«Это ожидаемый показатель. Мы думали, будет большее снижение, однако пока идем, чуть-чуть отставая от прошлого сезона», — заметила докладчик. Она заострила внимание на росте монополизации экспорта пшеницы, отметив, что в предыдущем сельхозсезоне 15 крупных российских экспортеров поставили на мировой рынок 54% ее общего объема, а в текущем сезоне — уже 81%.

Представитель РЗС сообщила о сокращении количества экспортеров: пшеницы — со 175 до 106, ячменя — со 138 до 65, кукурузы — с 94 до 63.

Как заявил председатель Комитета ТПП РФ по развитию

агропромышленного комплекса академик РАН П. Чекмарев, недосев озимых в России может в этом году составить около 1,5 млн га (вследствие сложных погодных условий) без учета новых территорий, что означает потерю в следующем сезоне порядка 6 млн т зерна. В частности, в Приволжском и Центральном федеральных округах отставание по севу озимых культур составляет более 400 тыс. га и свыше 300 тыс. га соответственно, проинформировал он.

2024 год для отечественных сельхозтоваропроизводителей выдался сложным, пришлось работать в крайне неблагоприятных погодных условиях, отметила и. о. начальника отдела агрометеорологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России» Л. Тарасова. «За последнее десятилетие, в течение которого у нас активно развивалось сельское хозяйство, такой суровой погоды, как в этом году, еще не было», — сказала она. Так, если в мае в ряде регионов РФ урон сельскохозяйственным культурам нанесли возвратные заморозки, то в октябре — засуха, от которой особенно пострадали Центральный, Приволжский и Южный федеральные округа, сообщила эксперт. «Причем, начавшись во второй половине месяца, эта засуха продолжается на юге России до сих пор, вследствие чего озимые были посеяны практически везде в сухую почву», — отметила она. В результате, по данным спикера, эти сельхозкультуры



на большей части полей даже не распустились и «ушли в зиму» в стадии образования листа.

Прекращение вегетации озимых было зафиксировано специалистами Гидрометцентра во II декаде октября на большей части территории ПФО, на востоке СЗФО и северо-востоке ЦФО, а также в большинстве озимосеющих районов Сибири и Урала. Культуры начинали свою вегетацию при небольших дождях, но вскоре вновь засыхали из-за недостаточного объема влаги в почве, проинформировала она. «В таком состоянии они могут перезимовать, однако это не очень благоприятные для них условия», — подытожила эксперт.

О ситуации в сахарной отрасли аудиторией рассказал директор агентства Sugar.ru В. Гомоз. В частности, он сообщил, что потребление сахара в России стабилизировалось на уровне 6 млн т в год. Производство сахара стабильно превышает внутреннее потребление, редкие неурожайные годы компенсируются переходящими запасами профицитных годов, отметил спикер. «На данный момент российские сахарные компании работают стабильно и производят достаточное количество сахара», — уточнил он. При этом, согласно прогнозу аналитика, в сельхозсезоне 2024/25 гг. производство сахара будет ниже, чем в предыдущем году, и составит порядка 6,2–6,5 млн т (это связано с высокой ключевой ставкой и проблемами с семенами). Что касается экспортных поставок, то они прогнозируются в объеме 400–800 тыс. т, проинформировал он.

Ю.Г. Седова



КАДРОВЫЙ ВОПРОС В АПК: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

В Московской торгово-промышленной палате 05.12.2024 прошел круглый стол на тему «Актуальные вопросы обеспечения кадров в сфере АПК». Организаторами мероприятия выступили Комитет МТПП по развитию предпринимательства в агропромышленном комплексе и Группа компаний ВИК, куратор направления «Ветеринария» в МТПП.



В рамках круглого стола была отмечена важнейшая роль профильных образовательных учреждений, аграрного образования в решении кадровой проблемы в агропромышленном комплексе. Так, по словам участников, вопросы подготовки и переподготовки кадров для агросектора актуальны и для российской столицы, на территории которой расположен ряд ведущих вузов, готовящих специалистов для отрасли АПК и ветеринарии. «Москва здесь является внутренним ресурсом для экспорта кадров в регионы, — пояснил вице-президент МТПП по взаимодействию с предпринимательским сообществом А. Крутов. — Несмотря на то что есть большое количество филиалов крупных вузов в субъектах, этот обмен данными и информацией научных школ происходит постоянно».

С докладом «Программы ветеринарной интернатуры — будущее ветеринарии» выступил декан факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К.И. Скрябина д-р биол. наук П. Абрамов. Он сообщил о введенных в этом году программах ветеринарной интернатуры по четырем специальностям, крайне востребованным работодателями, — по общеклинической ветеринарии, болезням сельскохозяйственных животных, внутренним болезням животных, ветеринарной хирургии. Целью интернатуры (куда принимаются дипломированные специалисты, имеющие высшее образование по специальности 36.05.01 Ветеринария), согласно презентации спикера, является подготовка высококвалифицированных практикующих врачей, специализирующихся на обеспечении биологической

безопасности и лечении домашних и сельскохозяйственных животных, ее ключевым преимуществом — индивидуальная стажировка на базе крупных современных ветеринарных лабораторий, агрохолдингов, ветклиник и конно-спортивных клубов. Декан отметил успешное сотрудничество с ГК ВИК, уточнив, что в настоящее время два интерна по трехстороннему договору учатся в академии, параллельно работая в Группе компаний.

Работа с вузами и молодыми специалистами находится в стратегическом фокусе ГК ВИК на ближайшие годы, сообщила директор по управлению персоналом и организационному развитию Группы компаний Р. Маркарян. В частности, она рассказала, что в рамках сотрудничества с вузами, помимо подготовки интернов, эксперты компании выступают с лекциями для студентов по ветеринарии, фокусируя внимание на практических знаниях и опыте в области сельского хозяйства и сфере животных-компаньонов. «Талантливых ребят нужно совместно образовывать, растить и дальше удерживать в компании, чтобы они эффективно работали, развивали российский бизнес и оставались в стране, сохраняя свою экспертизу», — отметила спикер.

Акцент на тематике профильного образования в области ветеринарии и животноводства во ФГБОУ ВО РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева сделал в своем выступлении исполняющий обязанности директора Института зоотехнии и биологии вуза д-р ветеринар. наук С. Акчурина. Совершив небольшой экскурс в историю, он напомнил, что подготовкой кадров

для животноводства академия занимается более 150 лет — с 1865 года. «Ветеринария всегда была востребованной специальностью, и интерес к ней абитуриентов только возрастает, — сказал докладчик. — Например, в этом году ее выбрали призеры всероссийских олимпиад».

Сегодня среди партнеров вуза — крупные агропромышленные комплексы, расположенные в разных регионах страны, отметил спикер. Кроме того, созданы порядка 50 агроклассов в сельской местности, сообщил он, отметив важность предпрофессиональной подготовки, популяризирующей аграрные, ветеринарные профессии среди школьников.

Об активном развитии классов предпрофессиональной подготовки в московских школах рассказал депутат Московской городской Думы, председатель Комиссии по образованию и Комиссии по безопасности, законодательству и регламенту Мосгордумы А. Семенников. Сейчас такие классы открыты в более 70% столичных школ. К примеру, в 136 образовательных учреждениях созданы медицинские классы, где обучаются порядка 6000 учащихся, проинформировал он, отметив с сожалением, что пока там не учат ветеринарному делу. «Мы как московские власти хотели бы (и могли бы) включаться в работу подготовки, в том числе ветеринаров», — заметил депутат. Данное перспективное направление может быть реализовано в будущем и в школах, и в учреждениях среднего технического образования, заключил он.

Ю.Г. Седова

РОНКОЛЕЙКИН®



- Ронколейкин® производится в условиях GMP (сертификат выдан в 2021 году).
- Ронколейкин® содержит рекомбинантный интерлейкин-2.
- Ронколейкин® - эффективный и безопасный препарат патогенетической терапии, применяемый в лечении и профилактике болезней домашних и сельскохозяйственных животных.

РЕКЛАМА
BIOTECH

Тел: 8 (812) 603-27-98
www.vet.biotech.spb.ru
vet@biotech.spb.ru



ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ.
НЕОБХОДИМО ПРОКОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ СО СПЕЦИАЛИСТОМ.

ДО КЛЮЧЕВОГО СОБЫТИЯ В СФЕРЕ АПК ОСТАЮТСЯ СЧИТАННЫЕ ДНИ. ЗАПЛАНИРУЙТЕ ТРИ ДНЯ, ЧТОБЫ УСПЕТЬ ВСЁ!

В современном мире, полном постоянных вызовов и новых возможностей, важно не оставаться в стороне, а проявлять активность, следить за актуальными трендами, обмениваться мнениями с коллегами по отрасли, находить новых партнеров. В этом контексте отраслевые выставки для бизнеса приобретают ключевое значение. Международные выставки «АГРОС» и «АГРОТЕХ» по праву считаются важнейшей площадкой для встречи специалистов агропромышленного комплекса в самом начале года. Мы побеседовали с генеральным директором компании «Агрос Экспо Групп» Г. Мындру, чтобы узнать, что интересного ожидает гостей выставок.

Геннадий, вы являетесь организатором двух успешных отраслевых выставок для профессионалов аграрной сферы России и стран СНГ. В чем секрет успеха?

Успех наших мероприятий — это результат работы с душой и глубоким пониманием отрасли. Мы стремимся к тому, чтобы выставки «АГРОС» и «АГРОТЕХ» как ключевое зимнее событие российского агропромышленного комплекса встали в один ряд с крупнейшими мировыми выставочными мероприятиями АПК, предоставляли все необходимые возможности для эффективного продвижения и развития российских предприятий, предлагали соответствующие конкурентные преимущества для профессионалов отрасли, способствуя укреплению аграрного имиджа нашей страны. Однако без активного участия наших многочисленных партнеров — представителей профильных управлений и департаментов Министерства сельского хозяйства России, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), Торгово-промышленной палаты России, ведущих отраслевых союзов и объединений, экспертов и наших экспонентов — мы не смогли бы добиться столь ощутимого успеха. Мы искренне благодарны всем, кто поддерживает нас и помогает сделать выставочные экспозиции интересными и представительными, а деловую программу



максимально актуальной и полезной для посетителей выставки.

Выставки «АГРОС» и «АГРОТЕХ Экспо: Картофель Овощи Фрукты» в 2025 году размещаются в двух павильонах МВЦ «Крокус Экспо», увеличив свою экспозиционную площадь более чем на 30%. Что поспособствовало такому значительному росту?

Такой значительный рост выставок подтверждает, что мы оправдываем ожидания наших экспонентов. Важным фактором увеличения числа участников и масштабов экспозиции является высокий интерес со стороны профессиональной аудитории — посетителей, которые готовы или потенциально готовы к покупке представленной продукции и технологий.

В январе 2024 года наши выставки посетили более 18 600 инвесторов, руководителей и

специалистов. Среди них порядка 50% представителей агропромышленных предприятий, еще около 40% — дилеры, дистрибьюторы и поставщики услуг для АПК. В 2025 году мы ожидаем более 21 тысячи профессионалов со всей России и других стран мира.

Для многих компаний участие в ваших выставках — это прежде всего возможность встретить заинтересованных профессионалов отрасли из разных регионов России и зарубежных стран. Что привлекает посетителей?

Представьте, что порядка 800 компаний на выставочных стендах представляют практически весь спектр решений для животноводства, птицеводства, свиноводства, ветеринарии, кормопроизводства, зерновой отрасли, комбикормовой промышленности, а также для картофелеводства, овощеводства и плодоводства.

Где еще в России вы найдете такое, да чтобы в одно время и в одном месте? В мире не так много отраслевых выставок для бизнеса, которые могут похвастаться таким количеством решений по этим тематикам. Кроме того, не будем забывать, что российские сельхозпредприятия зачастую являются достаточно диверсифицированными, поэтому для руководства и специалистов таких предприятий очень ценно, что на выставках «АГРОС» и «АГРОТЕХ» они могут решить почти все накопившиеся вопросы за одну поездку в Москву.

Что нового ждет посетителей предстоящих выставок «АГРОС» и «АГРОТЕХ»?

Каждый год у нас появляются интересные концептуальные и экспозиционные новинки. Некоторые из них становятся частью наших выставок «АГРОС» и «АГРОТЕХ», а некоторые — вполне самостоятельными проектами. В ответ на запросы отрасли мы запустили несколько новых тематических направлений: «Оборудование для переработки мяса» и «Оборудование для мукомольной промышленности» — на «АГРОС», «Технологии для плодоводства и садоводства» и «Техника и оборудование для орошения и мелиорации» — на «АГРОТЕХ». Уверен, что экспозиции новых разделов заметно украсят обе выставки и позволят нам представить на выставочной площадке весь цикл «от поля до прилавка» в разных отраслях АПК.

Важная премьера 2025 года — новый проект коммуникационной площадки «АгроКампус». Сельское хозяйство сегодня является одной из самых быстроразвивающихся сфер, а внедрение современных технологий, цифровизации и искусственного интеллекта делает его еще более привлекательным для молодых талантов. Наш многолетний опыт в организации выставок в агропромышленной сфере, сотрудничество с агробизнесом, вузами, научными центрами и государственными органами власти позволяют нам эффективно собирать и реализовывать интересные проекты для решения кадровых вопросов в АПК. «АгроКампус» ставит перед собой задачи создания оптимальных условий для укрепления

деловых связей между агробизнесом, органами власти и системой профессионального образования, а также организации практик и стажировок для студентов. Это создаст возможности для карьерного и профессионального роста молодежи, выбравшей аграрную отрасль.

Современную отраслевую выставку трудно представить без программы деловых мероприятий. Что ждет посетителей в этот раз?

Программа деловых мероприятий — это неотъемлемая часть и важнейшая составляющая успеха наших выставок. Деловым людям зачастую не хватает времени на посещение различных мероприятий, а ведь это знания, профессиональный опыт и возможности для развития бизнеса. Главная тема программы 2025 года «Достижение национальных целей АПК 2030: вызовы и возможности» отражает важнейшие приоритеты развития сельского хозяйства России, обозначенные в майском указе президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Посетителей выставок «АГРОС» и «АГРОТЕХ» ждут порядка 90 мероприятий на самые актуальные для отечественного АПК темы с участием свыше 600 российских и зарубежных экспертов. В ходе деловых мероприятий профессионалы АПК смогут получить актуальную аналитику и полезные практические знания в разных отраслях, подвести итоги прошедшего года и ознакомиться с важной информацией от Минсельхоза России и его подведомственных организаций и многое другое, что действительно важно для эффективного планирования и выстраивания бизнеса в новом году.

Увидим ли мы интересные решения зарубежных компаний?

Безусловно, среди участников будут и зарубежные компании. Это важно как с точки зрения доступа к передовым технологиям, которые пока не удалось полностью заместить, так и для поддержания интеграции с мировым отраслевым

сообществом, обмена профессиональным опытом и технологиями. Интерес иностранных компаний к выставкам «АГРОС» и «АГРОТЕХ» значительно вырос. В этом году мы ожидаем еще больше участников из стран ЕАЭС, Турции, Индии и Китая. Впервые в выставках будут участвовать компании из Народной Республики Бангладеш, порядка 50 новых экспонентов из Китая. Технологии производителей из Европы и многих других стран будут также широко представлены.

Особенно заметно будет международное участие в деловой программе. Конференции «Сельхозтехника Южной Америки» и «Сельскохозяйственная экономика стран Ближнего Востока и Африки: современные реалии и цели», Международный форум «Россия — Китай: перспективы сотрудничества в мясной отрасли» станут ключевыми событиями международной составляющей программы. Эти мероприятия не только демонстрируют высокий уровень интереса к нашим выставкам, но и создают уникальные возможности для российских производителей и экспортеров. С учетом участия зарубежных стран в мероприятиях деловой программы можно смело признать, что в январе 2025 года «АГРОС» и «АГРОТЕХ» соберут на своих площадках участников почти со всех континентов мира, включая многие страны Ближнего Востока, Африканского континента и Латинской Америки.

Спасибо за интересную беседу.

Спасибо и вам. Пользуясь случаем, рад пригласить всех представителей отраслевого профессионального сообщества на выставки «АГРОС» и «АГРОТЕХ», которые состоятся совсем скоро — с 22 по 24 января. Будет много интересного и полезного, поэтому планируйте поездку не один, не два, а все три дня, чтобы максимально эффективно решить все задачи.

Получить
БЕСПЛАТНЫЙ билет —
www.agros-expo.com



МАРБОФЛОЦИН® 10% — СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ МАСТИТА У КОРОВ

Мастит у коров — одна из самых серьезных проблем современных животноводческих комплексов, наносящая огромный ущерб, который складывается от затрат на лечение больного животного и брака молока в течение нескольких дней после окончания лечения курса лечения из-за применения антибиотиков.



Условно-патогенные и патогенные стафилококки и стрептококки являются лидерами среди возбудителей мастита КРС. В настоящее время, помимо *Staph. aureus*, *Streptococcus agalactiae* и *Streptococcus uberis*, являются наиболее частой причиной массовых субклинических и клинических маститов. Эти два возбудителя выработали защитно-приспособительные механизмы, которые обуславливают возможность быстрого распространения инфекции и ее рецидивов в условиях животноводческих хозяйств.

Эффективная антибактериальная терапия мастита в условиях роста резистентных штаммов подразумевает обоснованный выбор препарата с учетом данных о чувствительности потенциального возбудителя.

Сегодня на рынке появился **Марбофлоцин® 10%** — новый антибактериальный препарат с периодом ожидания по молоку всего 24 часа.

В состав **Марбофлоцина® 10%** входит марбофлоксацин — фторхинолон последнего, третьего поколения, созданный специально для ветеринарии. Важным преимуществом **Марбофлоцина® 10%** является его чрезвычайно широкий спектр бактерицидного действия на грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, в том числе *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter spp.*, *Proteus spp.*, *Klebsiella spp.*, *Pasteurella spp.*, *Haemophilus spp.*,

Moraxella spp., *Pseudomonas spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, а также *Mycoplasma spp.* После инъекции **Марбофлоцина® 10%** марбофлоксацин хорошо всасывается из места введения и проникает в большинство органов и тканей организма.

Известно, что при введении терапевтической дозы 1 мл / 50 кг (2 мг/кг по действующему веществу) в плазме крови КРС максимальная концентрация достигается через 0,5–1,5 ч. и составляет 1,5–1,8 мкг/мл.

Основные преимущества **Марбофлоцина® 10%**:

- ✓ ультракороткий период ожидания по молоку — **24 ч.**;
- ✓ действует на всех основных возбудителей мастита;
- ✓ новое поколение фторхинолонов — преодолевает резистентность к ранее используемым антибиотикам;
- ✓ можно использовать лактирующим и беременным животным.

На базе ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ» было проведено изучение чувствительности полевых штаммов *Str. agalactiae*, *Str. uberis* к препарату **Марбофлоцин® 10%**, а также к ряду наиболее часто используемых антибактериальных препаратов на основе амоксициллина и клавулановой кислоты, тилозина, тетрациклина, энрофлоксацина, норфлоксацина, гентамицина.

Были исследованы 15 проб секрета молочной железы от коров с клинической формой мастита, из которых выделены

15 культур стрептококков, из них *Str. agalactiae* и *Str. uberis* в 53,3% пробах. Все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были чувствительны к марбофлоксацину. Среднее значение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) марбофлоксацина для культур *Str. uberis* составляет 0,50 мкг/мл, а для культур *Str. Agalactiae* — $0,44 \pm 0,13$ мкг/мл. К остальным антибактериальным препаратам исследуемые культуры *Str. uberis* и *Str. agalactiae* проявили разную чувствительность, выявлена устойчивость к амоксициллину, в том числе с клавулановой кислотой, тилозину.

Экспериментально доказано и подтверждено практикой, что терапевтическая эффективность **Марбофлоцина® 10%** при лечении первично диагностированных клинических маститов значительно превосходит терапевтическую эффективность большинства схем, на сегодняшний день используемых в хозяйствах. При этом молоко от коров, пролеченных препаратом **Марбофлоцин® 10%**, можно использовать в пищевых целях уже через 24 часа после последнего введения препарата.

Марбофлоцин® 10% — препарат выбора для современного ветеринарного врача.

ООО «Новая Группа»
141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный,
ул. Виноградная, д. 13
www.groupnew.ru
Тел. +7 (495) 221-01-19

МАРБОФЛОЦИН® 10%



ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ПРЕПАРАТ НА ОСНОВЕ ФТОРХИНОЛОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ОЖИДАНИЯ ПО МОЛОКУ

- ✓ МИНИМАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОЖИДАНИЯ
ПО МОЛОКУ - **24 ЧАСА**
- ✓ ШИРОКИЙ СПЕКТР АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО
ДЕЙСТВИЯ
- ✓ ПРЕОДОЛЕВАЕТ ПЕРЕКРЕСТНУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ
К ДРУГИМ ГРУППАМ АНТИБИОТИКОВ
- ✓ ОПТИМАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ КУРСА ЛЕЧЕНИЯ



- МАСТИТ
- ЭНДОМЕТРИТ
- РЕСПИРАТОРНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЭТИОЛОГИИ
- ЗАБОЛЕВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-
КИШЕЧНОГО ТРАКТА

ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ!



НОВАЯ ГРУППА



8 (495) 221-01-59



Россия, 141700,
М.О., г. Долгопрудный,
ул. Виноградная, д. 13



info@groupnew.ru
www.groupnew.ru

Регистрационное свидетельство:
32-3-10.22-4887N°ПВР-3-10.22/03726

Реклама

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ МИКОТОКСИКОЗОВ

Проблема микотоксикозов имеет большие масштабы и остается актуальной для промышленного животноводства и птицеводства. Известно, что микотоксины — продукты жизнедеятельности плесневых грибов — широко распространены в растительных продуктах, обладают канцерогенным, мутагенным действием, подавляют иммунитет, поражают органы и системы животных, в результате чего повышается чувствительность к болезням и стрессам, снижается эффективность вакцинаций, лечебных мероприятий.

Зачастую корма контаминированы несколькими видами токсинов. Как правило, в кормах обнаруживается одновременно от двух до пяти и более их видов. Одним из свойств микотоксинов является их способность накапливаться в органах и тканях. Существенно снижая параметры продуктивности и качество получаемой продукции, микотоксины становятся источником серьезных экономических издержек. Наиболее эффективный и экономически оправданный метод профилактики их действия — применение сорбентов.

В результате многолетней научной и исследовательской работы совместно с ведущими институтами, лабораториями и экспертами отрасли, а также усовершенствования технологических процессов в 2024 году на рынок был выведен инновационный нейтрализатор микотоксинов «Сорбола» российского производителя ООО «Надвоицкий завод ТДМ» (Республика Карелия) (регистрационный № РФ-КД-00728).

Кормовая добавка производится из минерального сырья — шунгита, который благодаря

своему уникальному составу и сложному процессу модификации демонстрирует высокую эффективность действия в отношении микотоксинов как полярной, так и неполярной природы.

Исследования, проведенные в партнерстве с Институтом физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина (г. Москва), показали необычный эффект одновременного действия кормовой добавки «Сорбола» на микотоксины различной природы. Было установлено, например, что в отношении афлатоксина модифицированный шунгит действует по механизму физической адсорбции, а в отношении Т-2 токсина — по механизму каталитической деструкции с формированием безопасных для организма животных производных микотоксина.

Высокая сорбционная способность кормовой добавки «Сорбола» (более 90% к нормируемым микотоксинам) объясняется особенностями химического состава шунгита — наличием в нем углерода и двуокиси кремния, по сути представляющими собой уникальный природный органоминеральный композит, а также необычными физическими и химическими свойствами поверхности шунгитовых частиц.

Термическая и поверхностная модификации шунгита формируют большое количество поверхностных и подповерхностных пор трех типоразмеров: макро — 350–1000 нм, мезо — 60–160 нм и микро — 10–20 нм. Кроме того, такая модификация активизирует на поверхности шунгита большое количество

кислородсодержащих функционально активных групп (карбонильных, карбоксильных, лактонных и т. д.).

По данным специальной литературы, например А. Huwig, S. Freimund *et al.* Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents (Toxicology Letters) (2001), Г. Лаптев, Н. Новикова и др. «Руководство по нейтрализации токсинов» (2022 г.), Н. Мишина, Э. Семенов и др. «Сравнительная оценка сорбционных материалов для удаления трихоцетенов» (2023 г.), некоторые сорбенты обладают следующими недостатками: активированный уголь при низкой связывающей способности в отношении микотоксинов связывает некоторые витамины и микроэлементы, обладает плохой биосовместимостью с организмами животных и птицы, зачастую отрицательно влияет на всасывание жиров и белков, иногда вызывает гипогликемию; глинистые минералы (алюмосиликаты, цеолиты, монтмориллониты, бентониты) обладают плохой биосовместимостью, препятствуют доступности нутриентов, сорбируют витамины и микроэлементы, иногда травмируют стенки ЖКТ; клеточные стенки дрожжей эффективны только при низких концентрациях токсинов в кормах и обладают недостаточной практической сорбционной способностью, особенно при повышении уровня pH до нейтральных или близких значений (высокий уровень десорбции).

Низкая эффективность некоторых сорбентов в отношении



микотоксинов может быть компенсирована увеличением норм их ввода, однако эта мера может приводить к снижению содержания питательных веществ в кормах, травмированию стенок кишечника, нарушению целостности ворсинок и замедлению скорости их роста и восстановления.

Длительное скармливание сорбентов на основе глинистых минералов с увеличенными нормами ввода может представлять существенную опасность, особенно при нарушении целостности и воспалении стенок кишечника при диарее, дисбиозе микрофлоры, кокцидиозах.

В ФГБУ «Ленинградская МВЛ» (2021 г.) было проведено лабораторное исследование сорбционной способности кормовой добавки «Сорбола» в отношении водорастворимых витаминов B_9 (фолиевой кислоты) и B_{12} (цианкобаламина). В процессе исследования полностью воспроизведены условия общепринятой модели сорбции и десорбции в желудочно-кишечном тракте, применяемой для изучения процессов взаимодействия различных сорбентов с микотоксинами.

Для определения витаминов в пробах использовался метод иммуноферментного анализа,



который выявил полную индифферентность шунгитового адсорбента «Сорбол» в отношении исследованных витаминов.

На базе лаборатории Института геологии Карельского научного центра (2024 г.) были проведены исследования влияния избыточных дозировок кормовой добавки на основе шунгита в отношении микро- и макроэлементов, широко применяемых в кормах и премиксах для животных. Значения концентраций микро- и макроэлементов в тестах воспроизведены на уровне реально применяемых в условиях промышленных животноводческих хозяйств и птицеферм. Построение концентрационных кривых установило крайне незначительное влияние (на уровне погрешности) «Сорболы» на микро- и макроэлементы.

Многочисленные положительные отзывы потребителей кормовой добавки «Сорбола», успешные эксперименты

на базе авторитетных отраслевых институтов (ФГБУ «ВНИИЖ им. академика Л.К. Эрнста, ФНЦ «ВНИТИП», МГАВМиБ — МВА им. К.И. Скрябина, ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ») подтверждают ее уникальные биологические свойства по эффективному предотвращению негативного воздействия микотоксинов у сельскохозяйственных животных, в том числе птицы, способствующие повышению их продуктивности и сохранности.



В рамках проведенного конкурса «Лучшие на АГРОС-2024» кормовое решение «СОРБОЛА®» минеральный активатор пищеварения — адсорбент микотоксинов производства ООО «Надвоицкий завод ТДМ» было награждено авторитетным жюри выставки. Кубком «Лучшее кормовое решение АГРОС-2024» награждаются наиболее востребованные и приспособленные для российского рынка продукты и разработки.

<https://purekarelia.ru/>



**На основе
модифицированного
минерала шунгита**

- ✓ Устранение признаков микотоксикозов в короткие сроки
- ✓ Увеличение срока хранения кормов за счет бактерицидных свойств
- ✓ Улучшение конверсии корма
- ✓ Улучшение экстерьера животных и птицы всех возрастов
- ✓ Пребиотический эффект
- ✓ Выраженное улучшение состояния, сохранности и продуктивности поголовья, в том числе на фоне теплового стресса
- ✓ Защита клеток печени и селезенки
- ✓ Улучшение иммунного статуса
- ✓ Улучшение фертильной функции и получение здорового потомства в результате длительного использования
- ✓ Увеличение продуктивного долголетия животных и птицы



Регистрационный номер
РФ-КД-00728 от 19.04.2024
Бумажные мешки 25 кг
Срок годности 12 месяцев



Производитель ООО «Надвоицкий завод ТДМ»,
Республика Карелия, пгт Надвоицы, ул. Заводская, 1



+7 (800) 550 36 75



info@rbk.karelia.ru



www.purekarelia.ru

РЕКЛАМА



ПРЕДУПРЕЖДЕН — ЗНАЧИТ ВООРУЖЕН: НАУЧНЫЙ ПОДХОД К СИЛОСОВАНИЮ КОРМОВ

Вопросы качества силосования давно находятся в фокусе внимания специалистов компании «Агро-Балт трейд», и это не случайно. Сегодня современное высокопродуктивное молочное животноводство как никогда нуждается в объемистых кормах высокого качества.

Здоровье животных и экономика производства молока — самые чувствительные индикаторы состояния дел в кормопроизводстве. На северо-западе РФ, по нашим данным, около 20–25% заготовленных партий силосованных кормов имеют признаки ухудшения качества по тем или иным характеристикам силосования, что

не может не вызывать озабоченности.

Изучение протоколов анализа кормов на протяжении последних 10 лет позволили нам провести моделирование процессов, происходящих при силосовании, изучить факторы риска и выявить закономерности процессов брожения в широком диапазоне влажности

у различных групп кормовых культур.

На рисунке 1 представлена схема, иллюстрирующая направления развития рисков анаэробной и аэробной порчи кормов. Она ясно показывает роль влажности и особенностей кормовых культур, но не объясняет происхождения этих рисков. Они становятся понятны, когда мы рассматриваем динамику изменения конкретных показателей качества силосования, таких как pH, содержание остаточных сахаров, уксусной и молочной кислот (рис. 2). Анализ динамики этих показателей демонстрирует, какие риски и в силу каких причин могут наступать при соответствующем уровне влажности.

Почему это важно? Это важно прежде всего для анализа полученных результатов и планирования использования силосных консервантов. Так, например, увеличение влажности зеленой массы выше 70% при силосовании многолетних трав сопровождается критичным снижением содержания молочной кислоты, замедлением снижения pH, увеличением содержания уксусной и масляной кислот, а также аммиака. Чем выше влажность, тем очевиднее проявляются негативные тенденции. Основным триггером при этом выступает дефицит сахаров, ограничивающий накопление кислот и снижение pH.

Использование в такой ситуации биологических консервантов будет иметь в лучшем случае лишь незначительный эффект. Правильным решением тут может стать использование химических консервантов (кислотных или солевых), действие

Рис. 1. Схема развития факторов риска при силосовании кормовых культур с различной влажностью

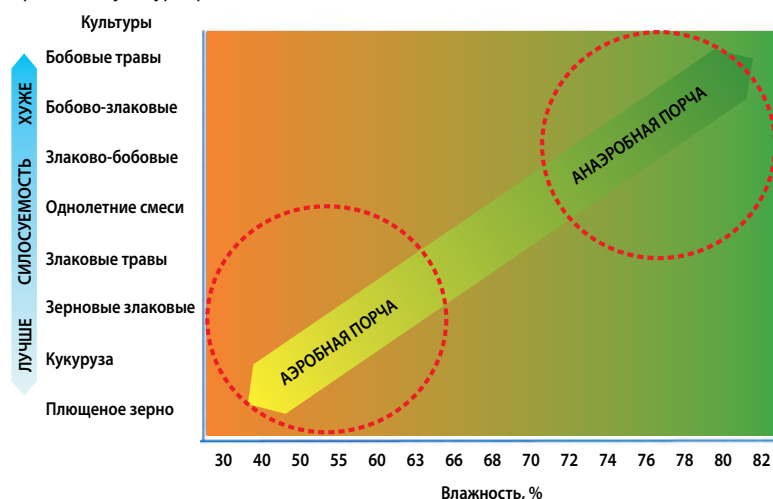


Рис. 2. Усредненное содержание молочной и уксусной кислот, остаточных сахаров и pH в силосе из мн. трав в зависимости от влажности (АБТ, РФ, 2014–2022 гг.)

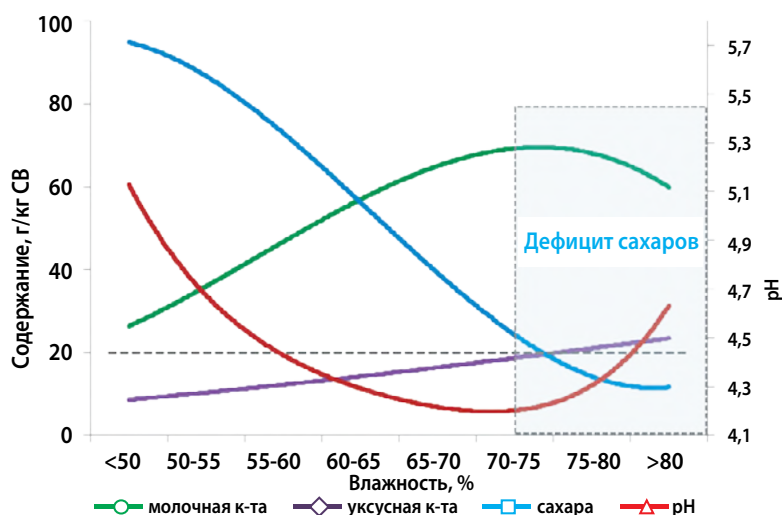


Рис. 3. Усредненное содержание молочной и уксусной кислот, остаточных сахаров и pH в силосе из мн. трав в зависимости от влажности (АБТ, РФ, 2014–2022 гг.)

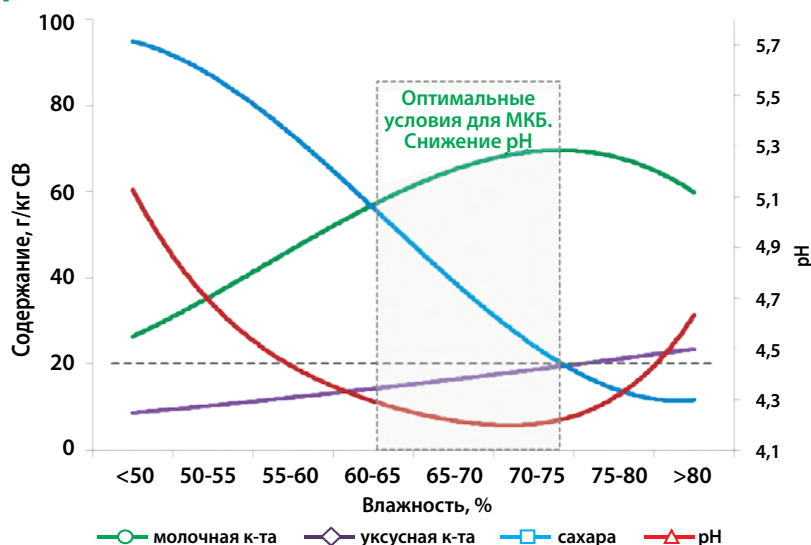
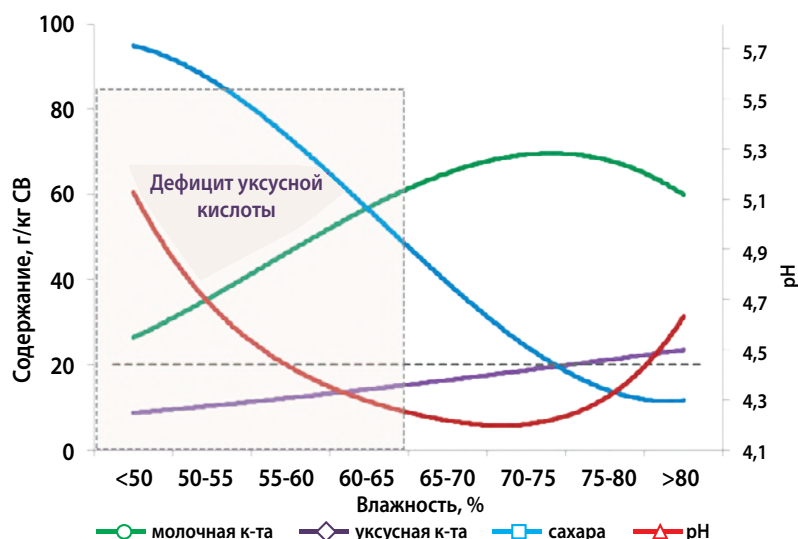


Рис. 4. Усредненное содержание молочной и уксусной кислот, остаточных сахаров и pH в силосе из мн. трав в зависимости от влажности (АБТ, РФ, 2014–2022 гг.)



которых не связано с наличием сахаров.

При влажности 60–70% формируются условия, оптимальные для развития молочно-кислых бактерий (МКБ), доля молочной кислоты достигает своего максимума, pH — минимума, а резерв сахаров создает условия для дополнительного усиления процесса молочно-кислого брожения. В этих условиях применение биологических препаратов, содержащих адекватное количество гомоферментативных МКБ, разумно и целесообразно.

Что происходит при заготовке кормов при еще меньшей влажности? Как видно из

графика (рис. 4), высокое содержание сахаров в корме не выступает как лимитирующий фактор. Угнетающее действие на развитие бактерий оказывает сухость корма, в особенности на группу уксуснокислых бактерий. Накопление уксусной кислоты (см. график), в этих условиях сильно заторможено, и это является проблемой. Дело в том, что пока корм находится в анаэробных условиях, ему ничего не угрожает, но как только приступают к его скармливанию или пленочное укрытие оказывается поврежденным, доступ кислорода воздуха вызывает пробуждение аэробной

микрофлоры, включая бацилл, дрожжей и плесневых грибов.

«Здоровье» корма с этого момента находится в опасности. Предпринять что-либо в таких условиях для защиты корма сложно, лучше побеспокоиться об этом заранее. Можно идти разными путями, используя как биологические, так и химические консерванты. Вносить их необходимо при заготовке корма. Важно из биологических консервантов выбирать те, которые содержат достаточное количество гетероферментативных МКБ, способных синтезировать уксусную кислоту. Из химических более эффективны те, которые содержат пропионовую кислоту или специальные соли, препятствующие развитию аэробной микрофлоры, — сорбаты и бензоаты.

К сожалению, наши данные показывают, что очень немногие из хозяйств научились планировать и использовать консерванты правильно в любых ситуациях. В какой-то степени этому мешают избыток предложений на рынке и зачастую стремление компаний скорее продать, чем помочь. В итоге не редкость низкая эффективность применения даже хороших препаратов.

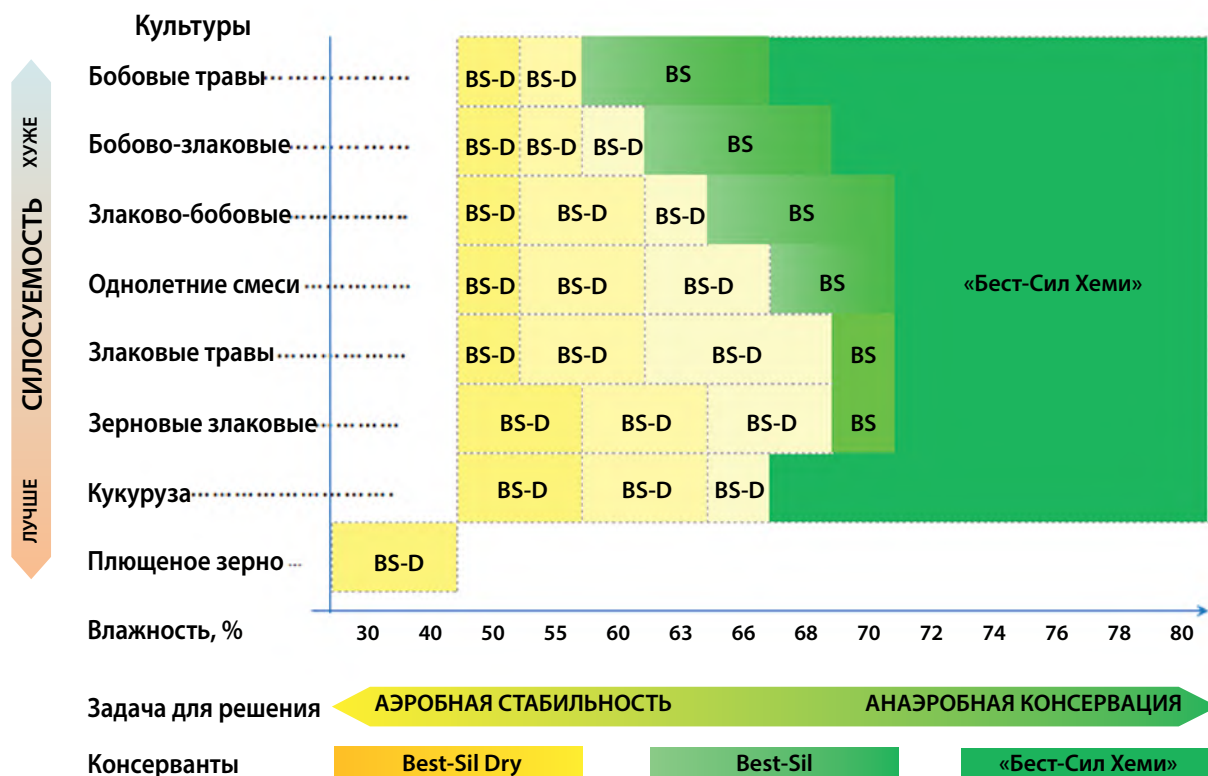
Описанные модели на примере многолетних трав могут облегчить и сделать более понятным применение консервантов в различных условиях заготовки, правильно оценить собственный опыт. Такие модели разработаны для кукурузы и люцерны.

Поддержку в вопросах по силосованию вы всегда можете найти в нашей компании, которая накопила немалый научный и практический опыт. Расчеты по системе кормопроизводства, консультирование по улучшению качества кормов — это то, чем мы занимаемся со знанием дела и с удовольствием. За последние 10 лет мы разработали и успешно применяем линейку биологических и химических препаратов, где каждый занимает свое обоснованное

Таблица 1. Краткая характеристика консервантов серии «Бест-Сил» от компании «АгроБалт трейд»

Название консерванта	Назначение	Состав	Диапазон применения (по влажности, %)
«Бест-Сил»	Усиление молочнокислого брожения, ускорение снижения pH	Lactobacillus plantarum Enterococcus faecium Pediococcus pentosaceus	65–72
«Бест-Сил драй»	Усиление молочнокислого и уксуснокислого брожения, усиление аэробной стабильности	Pediococcus pentosaceus Lactobacillus buchneri	30–68
«Бест-Сил Хеми»	Подавление клостридий, энтеробактерий и пр.	Гексаметиленатрамин, нитрит натрия	более 70
«Бест-Сил Хеми АС»	Подавление развития аэробной микрофлоры	Нитрит натрия, сорбат калия, бензоат натрия	30–75

Рис. 5. Схема «АгроБалт трейд» по использованию препаратов «Бест-Сил» для силосования кормовых культур



место, а все вместе образуют эффективную систему поддержки силосования.

Краткое описание консервантов линейки «Бест-Сил» приведено в таблице 1, а схема применения на рисунке 5. Биологические консерванты «Бест-Сил» и «Бест-Сил драй» благодаря высокому титру при внесении (от 100 до 450 тыс. КОЕ/г зеленой массы) и сбалансированному видовому составу обеспечивают высокие показатели качества силосования и приятный аромат корма.

Химические консерванты «Бест-Сил-Хеми» и «Бест-Сил Хеми АС» эффективно подавляют нежелательные группы микроорганизмов в сложных

условиях заготовки, позволяя сохранять сахара и протеин корма для рубцовой микрофлоры. Важным бонусом является обработка поверхностного слоя препаратом «Бест-Сил Хеми АС», который обеспечивает сохранность и аэробную устойчивость корма в самом уязвимом месте — подплечном пространстве и на открытом срезе во время скармливания.

Основное требование для обеспечения эффективности каждого из препаратов — четкое соблюдение правил применения. Любые отклонения могут существенно повлиять на направленность и скорость протекания процессов силосования, что чревато нежелательными

потерями. Верный способ избежать таких проблем — это тесное сотрудничество, обмен опытом и информацией с нашей компанией. Мы к этому готовы и убеждены: эффективное кормопроизводство — главный инструмент успеха в молочном животноводстве.

В. Молодкин, начальник
отдела кормопроизводства,
канд. с.-х. наук



ООО «АгроБалт трейд»
г. Санкт-Петербург
www.agrobalt.com

ХИМИЧЕСКИЙ КОНСЕРВАНТ

НОВИНКА

Бест-Сил Хеми

жидкий универсальный высокоэффективный химический (солевой)
консервант для силосования кормов

с повышенной влажностью

Недовольны
качеством
кормов
собственного
производства?

Хотите
разобраться
в причинах?

ЗВОНИТЕ!



РОССИЙСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

ООО «Агробалт трейд»

Ленинградская область

Гатчинский район, п. Новый Свет

Тел. +7 (812) 462-84-00

E-mail: info@agrobalt.com

www.agrobalt.com

Реклама



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНИ АУЕСКИ

Это заболевание было впервые описано в США в 1813 г. как «безумный зуд». В 1849 г. фиксируется в Швейцарии как псевдобешенство у телят, так как симптомы походили на бешенство.

В 1902 г. Dr. Ауески выделил возбудителя, в 1910 г. Шихофер определил, что это вирус. В 1934 г. Сабин и Райт идентифицировали его как герпесвирус.

В 1960-х гг. болезнь Ауески принесла большие экономические потери во всем мире, а в 1983 г. Великобритания начала оздоровление региона методом выбраковки.

В 1990 г. во Франции для достижения целей оздоровления от болезни Ауески предложена маркированная вакцина, которая с помощью специальных диагностических тестов IDEXX позволила разделять здоровых животных от вирусоносителей, а с 1995 г. в ЕС принято обязательство применять только маркированную вакцину.

С момента своего описания (в 1902 г.) болезнь Ауески стала одним из наиболее тщательно изученных вирусных заболеваний свиней. Возбудитель болезни представляет собой нейротропный альфа-герпесвирус, который вызывает смертельный энцефалит у новорожденных поросят и более легкую форму — у взрослых животных.

В некоторых случаях этот вирус использовался в качестве тестового примера для разработки новых концепций вакцин у свиней, в том числе для создания первой генетически модифицированной вакцины, получившей широкое распространение. Кроме того, изучение иммунного ответа на эту инфекцию и вакцинацию позволило глубоко исследовать функционирование иммунной системы свиней, получить доказательства различия между гуморальным и клеточным иммунным ответом.

В настоящее время, на фоне постоянной вакцинации, клинические признаки заболевания у свиней врачи видят очень редко. Чаще болезнь Ауески появляется у плотоядных зверей после поедания сырой свинины, свиных субпродуктов, полуфабрикатов.

Тем не менее присутствие порцевого вируса болезни Ауески в промышленном свиноводстве приносит весьма ощутимые финансовые потери за счет: гибели до 100% новорожденных поросят; снижения привесов, в результате чего сроки откорма увеличиваются на 7–10 дней; значительного «расслоения» стада; увеличения расхода лекарств (сильное иммуносупрессивное действие вируса болезни Ауески на организм свиней провоцирует развитие вторичных инфекций); проблем с репродукцией (нарушение овуляции, аборт, дополнительное осеменение).

Если выразить всё это в денежных единицах, то в год (в расчете на одну основную свиноматку) предприятие теряет около 37 500 рублей (250 евро). Комплекс на 5000 основных свиноматок — 187 500 000 рублей. Рентабельность снижается на 780 рублей (6 евро) на каждые 100 кг живого веса (Anderson *et al.*, 1989; Miller *et al.*, 1996).

Запрещение продажи племенных свиноматок чревато большими убытками для племенных хозяйств.

Как видим, болезнь Ауески оказывает сильное негативное значение на себестоимость продукции свиноводства, даже не вызывая видимых вспышек заболевания. Зачастую вакцинация от этого заболевания не дает защиты на срок, заявленный в инструкции к вакцине. Это помогает увидеть вовремя проведенная диагностика методом иммуноферментного анализа (ИФА), в то время как использование метода ПЦР (полимеразно-цепной реакции) слабопоказательно из-за особенностей патогенеза вируса болезни Ауески.

Всё это врач может видеть и контролировать, только используя диагностические наборы с высокой чувствительностью и специфичностью. Этим показателям наиболее соответствуют наборы компании IDEXX.

Используя эти наборы, можно проводить программу оздоровления свиного комплекса (площадки) от болезни Ауески, а при невозможности полного оздоровления (например, по технологическим причинам) тщательно контролировать и вовремя купировать негативные проявления этой инфекции. Такими методами можно значительно (на одну-две недели) сократить сроки откорма поросят до убойного веса, выравнивать живую массу поголовья на откорме, снизить возникновение вторичных бактериальных инфекций и, соответственно, сократить расходы на лечение поросят.

Специалисты компании «ВЕРУМБИО» — официального дистрибьютора IDEXX в России — готовы в сотрудничестве с ветеринарной службой предприятия разработать программы оздоровления от болезни Ауески, что будет способствовать снижению себестоимости продукции и улучшению экономики и конкурентоспособности.

Конечно, такую программу можно осуществить только с использованием маркированных вакцин. Сама программа состоит из нескольких этапов, таких как:

ШАГ 1. gE- вакцинация всего поголовья.

ШАГ 2. Ввоз gE- свинок, проверка 20% поголовья IDEXX.

ШАГ 3. Проверка 100% поголовья IDEXX, ликвидация gE+ свинок (носители).

ШАГ 4. Проверка 20% поголовья IDEXX.

ШАГ 5. Исключение вакцинации. Периодический серологический контроль IDEXX.

Эти этапы для каждого свиного комплекса (площадки) уточняются и систематизируются.

А.Л. Киселев,
технический директор
компании «ВЕРУМБИО»,
профессор, доктор биологических наук





VERUMBIO

ВАШИ ЦЕЛИ – НАШИ ПРИОРИТЕТЫ!

ПРЕДОСТАВЛЯЕМ ПРЕДПРИЯТИЯМ АГРАРНОГО СЕКТОРА РАБОТАЮЩИЕ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ОДНИХ ИЗ ЛУЧШИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ТЕСТ-НАБОРОВ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР: IDEXX, ROMER LABS, LABEXIM



ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ
ТЕСТ-СИСТЕМЫ
ИФА, ПЦР, РТГА



ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ



НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОЕ
СОПРОВОЖДЕНИЕ



ТЕСТ-СИСТЕМЫ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
МИКОТОКСИНОВ



ЛАБОРАТОРНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



ОБУЧЕНИЕ
ПЕРСОНАЛА
ЛАБОРАТОРИЙ



ТЕСТ-СИСТЕМЫ IDEXX:

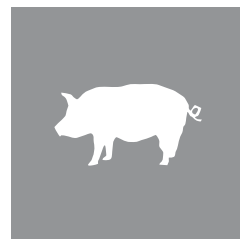
- УДОБНОЕ И ПРОСТОЕ ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗОВ
- ГОТОВЫЕ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕАГЕНТЫ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ
- БЫСТРАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТА
- ДОСТУПНАЯ ЦЕНА



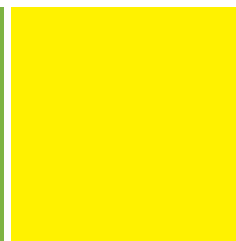
☎ +7 (800) 500-35-85 | +7 (495) 120-77-87

@ info@verumbio.com

🌐 verumbio.com



РЕКЛАМА



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ФЕРКОН Д» ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ДЕСТРУКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Интенсивное развитие животноводства и птицеводства в России, безусловно, сопряжено с наращиванием поголовья сельскохозяйственных животных, однако проблема утилизации органических отходов их жизнедеятельности (навоза и помета) до настоящего времени не решена и порождает новый круг проблем, обусловленных формированием в зонах животноводческих комплексов и птицефабрик значительных территорий с повышенным уровнем биологической опасности.

Вокруг животноводческих и птицеводческих предприятий накапливаются огромные залежи навоза и помета, отличающиеся высоким содержанием экологически опасных компонентов, в частности тяжелых металлов, пестицидов, микотоксинов, медикаментозных средств, возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, радиоактивных веществ, аммиака, сероводорода, меркаптана, фенола. Внесение такого навоза и помета в почву без предварительной обработки неприемлемо.

Современные биотехнологии, основанные на использовании

микроорганизмов, участвующих в биотрансформации органических отходов животноводства в экологически чистое удобрение, способны обеспечить возрождение почвенного плодородия, существенно повысить урожайность сельскохозяйственных культур, снизить до безопасного уровня содержание экотоксикантов техногенного и природного происхождения.

Биотехнологические препараты, созданные на основе консорциумов эффективных микроорганизмов, способных осуществлять очистку стоков, почв, сельскохозяйственных угодий, пастбищ от комплекса поллю-

тантов, являются актуальными и широко востребованными.

По научной гипотезе, биопрепараты-деструкторы нейтрализуют патогенную микрофлору в помете и навозе, способствуют ускорению процесса разложения белковых, углеводных и жировых групп, препятствуют образованию вредных газов и ускоряют процесс созревания отходов до состояния, соответствующего органическому удобрению.

В качестве деструктора для исследований использовался микробиологический препарат для ускорения созревания или деструкции биологических отходов «Феркон Д» в сочетании с



универсальным адъювантом — **растекателем Н-408**. В качестве биологических отходов использовали подстильный помет цыплят-бройлеров, навоз крупного рогатого скота, жидкий свиной навоз.

Биопрепарат «**Феркон Д**» содержит различные виды микроорганизмов, ферменты, предназначенные для разложения органических веществ в биологических отходах, канализационных и бытовых стоках до их простых составляющих, не оказывающих вредного воздействия на окружающую среду.

Универсальный адъювант **растекатель Н-408** представляет из себя органосиликоновый биосурфактант — прозрачную жидкость, предназначенную для усиления действия биопрепаратов за счет максимально возможного распределения и одновременно удержания используемого совместно с ним биопрепарата по поверхности обрабатываемого продукта.

Цель исследований — установить эффективность применения микробиологического деструктора «**Феркон Д**» для переработки подстильного помета цыплят-бройлеров, навоза крупного рогатого скота, жидкого свиного навоза.

Задачи исследований:

- разработать схему и технологическую карту исследований;
- провести лабораторные исследования свежей пробы помета и навоза и после применения биопрепаратов;
- дать санитарно-микробиологическую оценку помета, провести химико-аналитические исследования, оценить органолептические свойства помета и навоза после применения биопрепаратов.

Как проводились исследования

Исследования проводились в 2023 г. в лаборатории кафедры зоотехнии ФГБОУ ВО «Кузбасская ГСХА» и включали следующие этапы:

- отбор контрольной пробы свежего помета и навоза для анализа;

- приготовление рабочих растворов биопрепаратов путем разведения препаратов в хлорированной воде комнатной температуры;

- введение рабочих растворов биопрепаратов в субстрат массой 1,6 кг (помет), 3,5 кг (навоз КРС), 1,5 кг (свиной навоз);

- хранение обработанного помета и навоза при комнатной температуре в течение 45 суток: контрольный образец (без биопрепаратов) и опытные образцы (с биопрепаратами в разных дозах);

- отбор контрольной и опытных проб помета и навоза для анализа согласно ГОСТ 58487-2019.

Удобрения органические.

Методы отбора проб

В пластиковые контейнеры помещали 1,6 кг помета, 3,5 кг навоза КРС, 1,5 кг свиного навоза, послойно вводили рабочие растворы биопрепаратов в субстраты при помощи шприца. Перед началом внесения в субстрат раствор взбалтывали. После внесения рабочего раствора субстрат тщательно перемешивали, при необходимости трамбовали с усилием 10 кг/см². Толщина слоя — 15 см.

В ходе опыта проведены химико-аналитические, микробиологические исследования в лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Кемеровский»», в научно-исследовательской лаборатории биохимических, молекулярно-генетических исследований и селекции сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Кузбасская ГСХА».

Определение микробиологических показателей и химико-

аналитические исследования образцов помета и навоза проводили в начале эксперимента, через 30 и 45 дней после обработки различными дозами биопрепаратов.

Содержание микроорганизмов в исследуемых пробах помета определяли бактериологическим методом по МР от 11.05.2004 № 13-5-02/1043 Методические рекомендации «Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных».

Отбор, хранение и транспортировку исследуемых проб помета проводили по ГОСТ 58487-2019, определение массовой доли влаги — по ГОСТ 26713-85, общего азота — по ГОСТ 26715-85, аммонийного азота — по ГОСТ 26716-85, pH — по ГОСТ 27979-88, азота нитратов — по ГОСТ 27894.4-88.

В ходе исследований проводили визуальные наблюдения за органолептическими показателями пометной массы, регистрировали изменения запаха, внешнего вида изучаемого субстрата.

Все изучаемые показатели помета оценивали на соответствие требованиям ГОСТ Р 53117-2008 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия, ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия, ГОСТ 31461-2012 Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия.

Схема опыта и технологическая карта исследований представлены в таблице.

Таблица.

Проба	Вид отходов и обработка		
1-я контроль	Помет подстильный цыплят, свежий	Помет подстильный КРС, свежий	Помет жидкий свиной, свежий
2-я опыт	Помет подстильный цыплят + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³	Помет подстильный КРС + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³	Помет жидкий свиной + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³
3-я опыт	Помет подстильный цыплят + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³ + Н408	Помет подстильный КРС + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³ + Н408	Помет жидкий свиной + «Феркон Д» 1 кг / 30 м ³ + Н408
4-я опыт			Помет жидкий свиной + «Феркон Д» 1 кг / 50 м ³

Результаты

Пробы свежего помета цыплят-бройлеров, навоза крупного рогатого скота и свиного навоза не соответствовали требованиям ГОСТ 33830-2016, ГОСТ 31461-2012 по микробиологическим показателям.

Через 45 суток хранения изучаемых субстратов для применения в качестве органического удобрения после проведения санитарно-микробиологической оценки признаны годными: помет цыплят-бройлеров после обработки препаратами **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ и **Н-408**; навоз крупного рогатого скота после обработки препаратами **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³, **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ и **Н-408**; свиной навоз после обработки препаратом **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³.

При проведении эксперимента установлено, что через 45 суток хранения по основным физико-химическим показателям (содержание влаги, pH, общий азот) опытные пробы помета цыплят-бройлеров, свиного навоза отвечают требованиям ГОСТ 33830-2016. Положительное влияние на аммонификацию азота в помете оказала обработка препаратом **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ в сочетании с **Н-408**.

Нитрификация достигла высоких значений в пробах помета на 45-е сутки исследования при обработке препаратом **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³.

Максимальное содержание нитратного азота в птичьем помете отмечено при применении препаратов **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ и **Н-408**.

Аммонификация в навозе крупного рогатого скота проходила более интенсивно при его обработке препаратами **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ и **Н-408**.

Нитрификация достигла более высоких значений на 45-е сутки хранения в пробах навоза крупного рогатого скота, обработанных препаратом **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ в сочетании с **Н-408**.

Аммонификация и нитрификация в свином навозе проходили



менее интенсивно в опытных образцах по сравнению с контролем. При уменьшении дозы введения препарата **«Феркон Д»** до 1 кг / 50 м³, а также при применении сочетания **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ с **Н-408** в дозе 0,1% содержание аммонийного и нитратного азота на 45-е сутки хранения субстрата незначительно увеличилось по сравнению с контрольным образцом.

Визуальные наблюдения показали, что в конце исследований (на 45-е сутки хранения) все пробы подстилочного помета цыплят-бройлеров имели характерные цвет, консистенцию и запах, что говорит о завершении микробиологических процессов распада органических соединений в данном субстрате.

Образцы подстилочного навоза крупного рогатого скота всех групп имели признаки, которые указывают на то, что в данном субстрате основная часть органических соединений уже распалась.

Сумма органолептических признаков жидкого свиного навоза является показателем того, что процессы микробного разложения органических соединений в этом субстрате всё еще находятся в интенсивной фазе либо эта фаза относительно недавно закончилась.

По совокупности установленных изменений микробиологических и физико-химических

показателей к использованию в качестве деструкторов для переработки подстилочного помета цыплят-бройлеров, навоза крупного рогатого скота и свиного навоза в органическое удобрение могут быть рекомендованы:

1. Для обработки подстилочного помета цыплят-бройлеров:

- препарат **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ с **Н-408** в дозе 0,1% рабочего раствора.

2. Для обработки подстилочного навоза крупного рогатого скота:

- препарат **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ с **Н-408** в дозе 0,1%.

3. Для обработки жидкого свиного навоза:

- препарат **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 30 м³ с **Н-408** в дозе 0,1%;

- препарат **«Феркон Д»** в дозе 1 кг / 50 м³.

ООО ПО «Сиббиофарм»,
НСО, г. Бердск, ул. Химзаводская, 11
Тел./факс +7(383) 304-70-00
Тел. +7(383) 304-70-00 (приемная)
<http://www.sibbio.ru>



КОНТРОЛЬ ПРОЛИФЕРАТИВНОЙ ЭНТЕРОПАТИИ СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИТОБИОТИЧЕСКИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

В настоящее время одной из самых распространенных кишечных болезней свиней является илеит (пролиферативная энтеропатия). Причина данного заболевания — грамотрицательная бактерия *Lawsonia intracellularis*, которая может передаваться фекально-оральным путем и сохраняет свою активность в фекалиях в течение двух недель при температуре от +5 до +15 °С. Илеит распространен во всем мире, где развито интенсивное свиноводство. Патоген циркулирует практически на всех комплексах.

Эта кишечная патология негативно влияет на производительность свиней, эффективность кормления, среднесуточный привес, на функционирование кишечника свиньи. Проникая во внутренние оболочки кишечника свиньи, размножаясь, уничтожает ворсинки, истощает клетки, что ведет к потере впитывающей способности и утолщению слизистой оболочки кишечника. У поголовья свиней, зараженного *Lawsonia intracellularis*, на 10–20% замедляется усваивание питательных веществ, на 10–30% — набор живой массы тела.

Таким образом, илеит играет огромную роль в снижении рентабельности предприятия и отражается негативно на свиноводческой отрасли в целом.

Цель исследования — на предприятии по выращиванию свиней провести контроль эпизоотической ситуации по пролиферативной энтеропатии свиней без применения антибиотикотерапии (с использованием нескольких фитобиотических кормовых добавок).

На современном этапе ведения животноводства свиноводство является наиболее скороспелой и рентабельной отраслью, которая не стоит на месте, а постоянно развивается и совершенствуется. Промышленное свиноводство предполагает скопление большого количества поголовья на ограниченных территориях, интенсивную эксплуатацию, частые перемещения животных, что в целом создает ряд

технологических стрессовых ситуаций. При этом надо учитывать, что важную роль играет не только количество приплода, но и получение здорового жизнеспособного молодняка.

Рассмотрим стресс при отъеме поросят от свиноматки и перемещении поросят в станки дорастивания, где они смешиваются друг с другом. Это приводит к значительному снижению потребления корма, что в свою очередь отражается на статусе здоровья поросят и производственных показателях.

В первые дни после отъема у животных эпителий тонкого отдела кишечника угнетен на фоне стресса, что проявляется уменьшением длины ворсинок. Атрофия ворсинок тонкого отдела кишечника объясняется двумя различными процессами — более быстрым созреванием энтероцитов в полостях и снижением скорости обновления энтероцитов вследствие замедления процесса деления клеток (причина — длительное голодание). Уменьшение длины ворсинок приводит к возникновению процесса мальабсорбции, что является результатом нарушения пищеварения у животных данной возрастной группы.

После периода голодания потребление корма животными возрастает, наступает процесс ускоренного переваривания — это способствует снижению уровня рН среды в желудке. Вследствие развития процесса мальабсорбции и нарушения всасывания питательных веществ в тонком

отделе кишечника увеличивается число патогенных микроорганизмов. Состояние тонкого отдела кишечника и эффективность физиологических процессов всасывания в нем питательных веществ определяют конечный процесс попадания их в кровь в организме животного, тем самым увеличиваются среднесуточные привесы, уменьшается конверсия корма, возрастает экономическая выгода для предприятия в целом.

Сбой физиологических процессов работы тонкого отдела кишечника приводит к диарейному синдрому — как с яркими клиническими проявлениями, так и к субклинической и хронической формам течения болезни. В промышленном свиноводстве присутствие диарейного синдрома в стаде наносит высокий экономический ущерб предприятию. Для устранения данной патологии необходимо применять антибиотикотерапию. Вследствие чего увеличивается риск развития антибиотикорезистентности и несоблюдения требований ТР ТС 021/2011.

Исходя из вышеизложенного, сохранение ворсинчатого слоя слизистой оболочки тонкого отдела кишечника животных при купировании диарейного синдрома без применения антибиотикотерапии является сложной задачей для практикующего ветеринарного врача.

Для решения сложной задачи по контролю пролиферативной энтеропатии на свиноводческом предприятии в Ивановской области, имеющем две площадки

производственной мощностью по 2500 свиноматок, было решено использовать сочетанную схему профилактики с применением кормовых добавок растительного происхождения.

Изучив уникальный фитобиотический комплексный состав двух кормовых добавок, было отмечено, что каждая из них имеет выраженный определенный механизм действия.

Первый образец кормовой добавки обладает бактериостатическим действием относительно возбудителя пролиферативной энтеропатии свиней *Lawsonia intracellularis*. Природные компоненты, входящие в состав кормовой добавки, сдерживают размножение бактерий, не убивая их при этом, тем самым активизируют механизмы защиты организма животного для борьбы с данным возбудителем.

Второй образец кормовой добавки обладает бактерицидным действием относительно возбудителя пролиферативной энтеропатии свиней *Lawsonia intracellularis* за счет входящих в состав компонентов, направленных непосредственно на уничтожение возбудителя.

Описание опыта

При планировании производственного опыта были приняты во внимание следующие факты:

- механизмы действия фитобиотических кормовых добавок;
- иммунные процессы в организме животного;
- биологические особенности возбудителя *Lawsonia intracellularis*;
- клинические проявления и результаты патологоанатомического вскрытия.

В ходе опыта были использованы схемы введения кормовых добавок с учетом их механизма действия на различных возрастных группах (табл. 1).

Было определено 5 схем введения кормовых добавок (табл. 1). При применении 4 из них (1-я, 3-я, 4-я, 5-я) (табл. 1) на определенных возрастных группах проявлялась клиника

пролиферативной энтеропатии в различной степени, в том числе со 120-го дня жизни отмечались острое течение, увеличение конверсии корма, а также неоднородность стада. В то время как при применении 2-й схемы клинической картины пролиферативной энтеропатии не наблюдалось. Признаков неоднородности стада и повышения конверсии корма не зафиксировано.

Лабораторная диагностика

Лабораторные исследования проведены при участии диагностического центра «Эпсилон-БИО».

Перед отбором проб была выбрана посмертная диагностика для получения более объективных и информативных результатов. При диагностике пролиферативной энтеропатии свиней определен метод патологической морфологии (гистологический), так как именно он устанавливает развитие общепатологических процессов (дистрофии, воспаления, расстройства кровообращения, процессов регенерации, развитие опухолей, пороков, уродства и др.). Гистологическое исследование позволяет на основании особенностей строения тканей и клеток получить представление об их функционировании.

В качестве образцов были выбраны участки тонкого отдела кишечника. Отбор проб и доставка в лабораторию осуществлялись

с соблюдением температурного режима (+2–8°C) и временных рамок согласно НД РФ.

Выводы по лабораторным исследованиям

При анализе данных, полученных при исследовании микроструктуры тканей подвздошной кишки, можно сделать вывод, что функции тонкого кишечника серьезно утрачены у животных, соответствующих схемам 1, 3, 4, 5. У животных, соответствующих схеме 2, функции тонкого кишечника сохранены в большей степени в сравнении с другими исследуемыми образцами.

Заключение

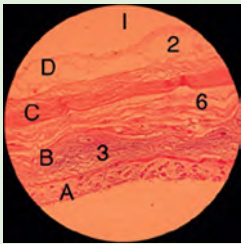
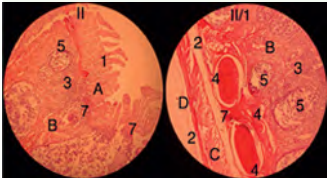
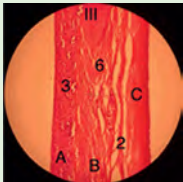
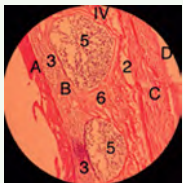
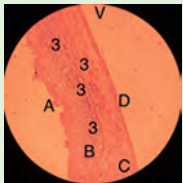
Результаты поставленного производственного опыта доказывают, что введение в схему профилактики кормовых добавок растительного происхождения с учетом их механизма действия позволяют эффективно сдерживать и контролировать эпизоотическую ситуацию пролиферативной энтеропатии свиней на предприятии.

Принимая во внимание тот факт, что циркуляцию *Lawsonia intracellularis* на предприятии исключить невозможно, с 67-го по 80-й день жизни для сдерживания развития острой формы течения илеита на фоне стресса при переводе с дорастивания на откорм была введена кормовая добавка с бактерицидным действием, а с 81-го по 95-й день

Таблица 1. Схема введения кормовых добавок в комбикорм

Схемы введения кормовых добавок	Наименование кормовой добавки, возраст введения, дни	Наименование кормовой добавки, возраст введения, дни
1-я схема	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 111–125	Вторая кормовая добавка (бактерицидное действие), 140–155
2-я схема	Вторая кормовая добавка (бактерицидное действие), 67–80	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 81–95
3-я схема	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 111–125	
	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 141–155	
4-я схема	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 58–81	
	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 65–81	
5-я схема	Первая кормовая добавка (бактериостатическое действие), 111–117	

Таблица 2. Результаты гистологических исследований

№ п/п	Схема профилактики	Фотогистопрепарат	Заключение
1	Схема 1		Выявленные изменения микроstructures тканей тонкого кишечника (атрофия ворсинчатой структуры слизистого слоя, отек тканей, выраженная клеточная реакция при отсутствии вирусных цитоплазматических включений в клетках, неравномерное кровенаполнение сосудов микроциркуляторного русла, очаги разрастания соединительной ткани) характерны для хронической энтеропатии преимущественно бактериальной этиологии
2	Схема 2		Выявленные изменения микроstructures тканей тонкого кишечника (уплощение ворсинчатой структуры слизистого слоя, выраженный отек тканей, мелкоочаговые диапедзные и переваскулярные кровоизлияния, значительная клеточная реакция при отсутствии вирусных цитоплазматических включений в клетках, диффузное венозное и капиллярное полнокровие сосудов микроциркуляторного русла с признаками нарушения реологии крови, наличие воспалительных цистообразных образований) характерны для острого бактериального энтерита
3	Схема 3		Выявленные изменения микроstructures тканей тонкого кишечника (слияние кишечных ворсинок и тотальное уплощение ворсинчатой структуры слизистого слоя, умеренный отек тканей, мелкоочаговые диапедзные кровоизлияния, выраженная клеточная реакция при отсутствии вирусных цитоплазматических включений в клетках, диффузное венозное и капиллярное полнокровие сосудов микроциркуляторного русла) характерны для подострого энтерита, вероятно, бактериальной этиологии
4	Схема 4		Выявленные изменения микроstructures тканей тонкого кишечника (атрофия ворсинчатого комплекса слизистого слоя, отек тканей, мелкоочаговые диапедзные кровоизлияния, значительная клеточная реакция при отсутствии вирусных цитоплазматических включений в клетках, диффузное венозное и капиллярное полнокровие сосудов микроциркуляторного русла, наличие воспалительных цистообразных образований) характерны для хронической энтеропатии бактериальной этиологии
5	Схема 5		Выявленные изменения микроstructures тканей тонкого кишечника (отсутствие четкой границы между слизистым и подслизистым слоями, очаговая атрофия ворсинчатого комплекса слизистого слоя, мелкоочаговые диапедзные кровоизлияния, выраженная клеточная реакция при отсутствии вирусных цитоплазматических включений в клетках, неравномерное кровенаполнение сосудов микроциркуляторного русла) характерны для подострого энтерита, вероятно, бактериальной этиологии

жизни ввели кормовую добавку с бактериостатическим действием, что позволило животным дойти до конца откорма без клинических проявлений пролиферативной энтеропатии и при этом предприятию получить ожидаемый экономический эффект.

Следует учитывать, что фитобиотические препараты необходимо вводить в схему лечения в совокупности с учетом

их механизма действия и возрастной группы животных. Данная комбинация лечения в схеме 2 позволяет сохранить ворсинчатый слой слизистой оболочки тонкого отдела кишечника. При этом происходит купирование диарейного синдрома без применения антибиотикотерапии, что увеличивает среднесуточные привесы, уменьшает конверсию корма. Возрастает экономическая вы-

года для предприятия в целом, не нарушая требований ТР ТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции.

Иванова Н.А., директор
диагностического центра «Эпсилон-Био»

Кириллова О.С.,
главный ветеринарный врач
ООО «Тарбаево», КВН

Лучко А.А., заместитель директора
департамента свиноводства
по Сибири и Уралу ООО «ТД ВИК»

Саликов С.Т., главный технолог
ООО «Тарбаево»

Примечание:

НД РФ — Методические указания по патоморфологической диагностике болезней животных, птиц и рыб в ветеринарных лабораториях (заместитель руководителя Департамента ветеринарии Минсельхоза России В.В. Селиверстов, 11.09.2000 № 13-7-2/2137); ТР ТС 021/2011 — Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (с изм. на 23 июня 2023 года).

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИФА-ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Контроль качества сырья и продукции — неотъемлемая часть работы любого предприятия агропромышленного комплекса (АПК). Требования законодательства и экономические факторы обязывают регулярно проводить исследования.

Одним из перспективных методов исследований в сельскохозяйственном секторе является иммуноферментный анализ (ИФА):

1) ИФА применяется для диагностики заболеваний животных.

2) В контроле безопасности пищевых продуктов метод используют для определения количественного содержания обширной группы показателей:

- антибиотики, антигельминтики, гормональные препараты, витамины группы В, гистамин
- микотоксины
- пищевые аллергены белковой природы и глютен
- инсектициды и гербициды (ДДТ, глифосат)
- нейротоксины небелковой природы (сакситоксин, окадаиковая и домоевая кислоты и др.)
- промышленные экотоксиканты (бензапирен, копланарные ПХБ, диоксины).

В агропромышленном комплексе контроль указанных показателей важен на всех этапах жизненного цикла продукции — от выращивания зерновых культур для кормопроизводства до выпуска готовой продукции животного происхождения.

Преимущества метода ИФА

ИФА — это один из методов иммунохимии, основывается на реакции антигенов с антителами. Антитела, обладая белковой природой, способны распознавать специфические антигены, которые могут быть как белками, так и другими веществами.

В ИФА сигнальной молекулой, указывающей на протекание реакции, выступает фермент. Считывание сигнала проводят по оценке ферментативной активности или по количеству продуктов реакции, что фиксируется измерением интенсивности окраски раствора.

• **Высокая чувствительность метода:** позволяет определять даже минимальные концентрации.

• **Специфичность:** принцип иммунохимии обеспечивает избирательность методик и точное обнаружение нужных веществ или их групп.

• **Возможность выбора** как качественного, так и количественного варианта анализа.

• **Скорость и производительность:** в одной серии можно исследовать до 42 или 84 проб, а сам анализ занимает от 30 мин. до 2 ч. (в зависимости от показателя).

• **Возможность автоматизации** для больших потоков проб.

Преимущества собственной ИФА-лаборатории внутреннего производственного контроля

Наличие собственной ИФА-лаборатории предоставляет агрокомплексам ряд ключевых преимуществ:

1. Оперативность (исключение затрат времени на транспортировку проб и ожидания в графике загрузки внешней лаборатории).

2. Гибкое планирование работы лаборатории под нужды предприятия и проведение анализа в требуемый срок.

3. Быстрое реагирование (анализ на месте позволяет немедленно принимать решения).

4. Конфиденциальность (все данные остаются внутри производства).

5. Предупредительный контроль (выполнение анализов, аналогичных мониторингу со стороны контролирующих организаций, позволит выявить несоответствия и избежать штрафных санкций).

Очень важно, что метод ИФА подходит для показателей безопасности, требующих оперативного контроля и реагирования. Так, в животноводческих хозяйствах критически важным является управление микотоксикозами. ИФА-методики дают быстрый ответ при входном контроле зерна и кормов о количественном уровне микотоксинов.

В климатически неблагоприятные годы микотоксины накапливаются в зерне — приходится использовать зараженное сырье. Для снижения или устранения негативных эффектов у животных



используют микосорбенты. При расчете дозы важно знать количество микотоксинов. Зная его, можно учесть чувствительность разных видов животных и их возрастных групп: молодняка, взрослых животных, беременных самок и др.

Быстрый и точный контроль с помощью ИФА позволит предприятию перераспределить зараженное микотоксинами сырье с минимальным ущербом для поголовья.

Еще одним примером использования ИФА-метода для внутреннего лабораторного контроля с целью выполнения законодательных требований является анализ остаточных количеств антибиотиков в сырье и продуктах животного происхождения. Летом 2024 года вступили в действие изменения к ТР ТС 021 «О безопасности пищевой продукции» в отношении контроля антибиотиков. Помимо базовых 5 препаратов, которые уже проверялись по требованиям технических регламентов, перечень расширен до 75 веществ с антибактериальными свойствами. В условиях ужесточения требований к контролю за содержанием антибиотиков преимущества ИФА-метода, такие как скорость, производительность и точность, становятся особенно актуальными и позволят предприятию эффективно реагировать на новые вызовы.

Оснащение ИФА-лаборатории

Затраты на оснащение ИФА-лаборатории значительно ниже по сравнению с другими методами, такими как ВЭЖХ-МС-МС. Для оснащения лаборатории потребуются:

- 1) Оборудование для пробоподготовки (подбирается в зависимости от типа исследуемой пробы).
- 2) Оборудование для ИФА-анализа — фотометр для планшетов и комплект дозаторов.
- 3) Наборы реагентов (тест-системы) на исследуемые показатели.

ИФА-наборы реагентов отечественного производства компании «Альгимед Техно» требуют минимального количества вспомогательных компонентов и рассчитаны на простые и безопасные процедуры подготовки проб.

Методики метрологически аттестованы и входят в перечни к ТР ТС.

«Альгимед Техно» предлагает:

- наборы для определения содержания остатков антибактериальных препаратов, таких как тетрациклин, хлорамфеникол, бацитрацин, стрептомицин и пенициллин;
- наборы для определения содержания микотоксинов (зеараленона и ДОН).

Наборы «Альгимед Техно» не уступают по техническим характеристикам зарубежным аналогам и обладают важным преимуществом на рынках стран ЕАЭС. Это широкий перечень матриц, включающий не только молоко, мясо и другие примеры простого сырья, но и готовую продукцию, в том числе глубокой переработки. Это актуально для отечественного производителя, так как



законодательство ЕАЭС требует контроля антибиотиков не только в сырье, но и в готовых продуктах.

«Альгимед Техно» предлагает агропромышленным предприятиям разработку наборов под задачи заказчика и выполнение совместных исследовательских проектов.

Поддержка от компании «Альгимед» при внедрении ИФА-лаборатории

Компания «Альгимед» специализируется на комплексном оснащении лабораторий любых типов уже более 20 лет. Эксперты компании готовы оказать помощь производственным лабораториям на всех этапах выбора и внедрения ИФА-методик в практику, а именно:

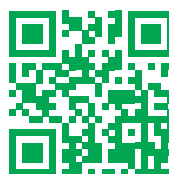
- Подбор и поставку тест-систем для постановки ИФА под ваши цели, техническую поддержку на всех этапах использования наборов.
- Консультации по планировке лабораторий и поставку оборудования, сервисный центр и ТО.
- Обучение персонала на базе оснащенной лаборатории (за 2 дня профессиональной переподготовки специалист с базовыми навыками работы в лаборатории получит требуемую квалификацию).
- Предоставление метрологически аттестованных методик на наборы линейки «Альгимед Техно» и MaxSignal для лабораторий, планирующих аккредитацию.

ООО «Альгимед»

121096, г. Москва, ул. Василисы Кожиной, д. 1
algimed.ru

mail@algimed.ru

Тел. + 7 (499) 682-61-09



НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ПО РАЗДЕЛАМ:

ОТ РЕДАКТОРА

37–49 стр.

ВЕТЕРИНАРИЯ

50–70 стр.

ЗООТЕХНИЯ

71–99 стр.

АГРОНОМИЯ

100–113 стр.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

114–139 стр.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

140–177 стр.



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

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

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



Индексация журнала «Аграрная наука»

Префикс DOI: 10.32634

eLIBRARY.RU: да

РИНЦ: да

Ядро РИНЦ: да

Перечень ВАК РФ: да

CrossRef: да

RSCI: да

Базы данных: AGRIS, РИНЦ, DOI, EBSCO

DOAJ: нет

ESCI: нет

Web of Science: нет

Scopus: нет

УДК: 002.63

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49

М.Б. Ребезов^{1,2}**Б.В. Виолин**³ ✉

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

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

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

✉ agrovetpress@inbox.ru

Поступила в редакцию: 01.12.2024

Одобрена после рецензирования: 06.12.2024

Принята к публикации: 12.12.2024

© Ребезов М.Б., Виолин Б.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49

Maksim B. Rebezov^{1,2}**Boris V. Violin**³ ✉

¹Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

²Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

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

✉ agrovetpress@inbox.ru

Received by the editorial office: 01.12.2024

Accepted in revised: 06.12.2024

Accepted for publication: 12.12.2024

© Rebezov M.B., Violin B.V.

Итоги года

РЕЗЮМЕ

Для анализа текущего состояния журнала «Аграрная наука», перспектив его развития и коррекции редакционной политики представлены некоторые показатели публикационной активности журнала за 2024 год.

За 2024 год в 12 ежемесячных выпусках журнала «Аграрная наука» были опубликованы 252 научные статьи в четырех разделах: «Агрономия» — 82 статьи, «Зоотехния и ветеринария» — 115, «Агроинженерия и пищевые технологии» — 38, «Экономика» — 17.

Опубликовали результаты исследований авторы из 45 субъектов Российской Федерации и 4 зарубежных стран: Казахстана, Азербайджана, Узбекистана и Финляндии. 8 научных статей опубликованы на английском языке.

Авторский профиль: аспирант, студент — 97 человек, научный сотрудник, специалист, преподаватель — 248, кандидат наук (PhD) и (или) доцент — 588, доктор наук и (или) профессор — 323, академик РАН — 22.

Общее количество публикаций, профинансированных грантами и фондами — 129 статей. Редакция предоставляет открытый и бесплатный доступ ко всем материалам, размещенным в ежемесячных выпусках журнала на сайтах <https://www.vetpress.ru>, <https://agrarnayanauka.ru>.

Члены редколлегии журнала представляют 23 субъекта Российской Федерации и 20 зарубежных стран.

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

Для цитирования: Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Итоги года. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 37–49.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49>

Results of the year

ABSTRACT

Some indicators of the publication activity of the journal “Agrarian Science” for 2024 are presented to analyze the current state of the journal and its development prospects.

For 2024, 252 scientific articles were published in 12 monthly issues of the journal “Agrarian Science” in four sections: “Agronomy” — 82 articles, “Animal Science and Veterinary Science” — 115, “Agroengineering and Food Technologies” — 38, “Economics” — 17).

The results of the research were published by authors from 45 subjects of the Russian Federation and 4 foreign countries: Kazakhstan, Azerbaijan, Uzbekistan and Finland. 8 scientific articles were published in English.

Author's profile: graduate student, student — 97 people, researcher, specialist, teacher — 248, Candidate of Sciences (PhD) and (or) associate professor — 588, Doctor of Sciences and (or) Professor — 323, Academician of the Russian Academy of Sciences — 22. The total number of publications financed by grants and funds is 129 articles.

The editors provide open and free access to all materials posted in the monthly issues of the journal on the websites <https://www.vetpress.ru>, <https://agrarnayanauka.ru>.

The members of the editorial board of the journal represent 23 subjects of the Russian Federation and 20 foreign countries.

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

For citation: Rebezov M.B., Violin B.V. Results of the year. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 37–49 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-37-49>

Введение/Introduction

Практика открытых публикаций является основой общественной ценности и целостности науки, что в итоге увеличивает степень доверия общества к науке и научному методу. Открытость статей для ознакомления, оценки и критики позволяет судить об актуальности и перспективности проводимых исследований, а количество цитирований, ссылок и просмотров свидетельствует о степени интереса к рассматриваемой проблеме и признания результатов [1–3].

Научная статья журнала «Аграрная наука» 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 [3–5].

Выполнен анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2024 год.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

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

В журнале представлены 4 раздела по следующим научным направлениям: «Агрономия»,

«Зоотехния и ветеринария», «Агроинженерные и пищевые технологии» и «Экономика» (табл. 1).

Журнал публикует статьи в соответствии с утвержденной номенклатурой научных специальностей ВАК Минобрнауки России (приказ от 24.02.2021 № 118)¹.

Объект исследования — публикационная активность журнала «Аграрная наука», предмет исследования — массив статей, представленных в издании за 2024 год.

Материалом для исследования являлись статистические данные, полученные после анализа необходимой информации в статьях журнала за 2024 год. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Задачи редакционной коллегии журнала²:

- ✓ организация научного рецензирования поступающих материалов,
- ✓ организация научного и литературного редактирования материалов,
- ✓ формирование содержания текущего номера издания.

Редакционная коллегия определяет и отвечает за состояние и качество выпускаемого материала. Деятельность редколлегии влияет на рейтинг научного журнала, поэтому необходимо учитывать разнообразие специалистов с разными сферами научных интересов, формировать интернациональный состав [3, 6–9].

На рисунке 1 представлена аффилиация членов редакционной коллегии журнала по состоянию на 01.12.2024.

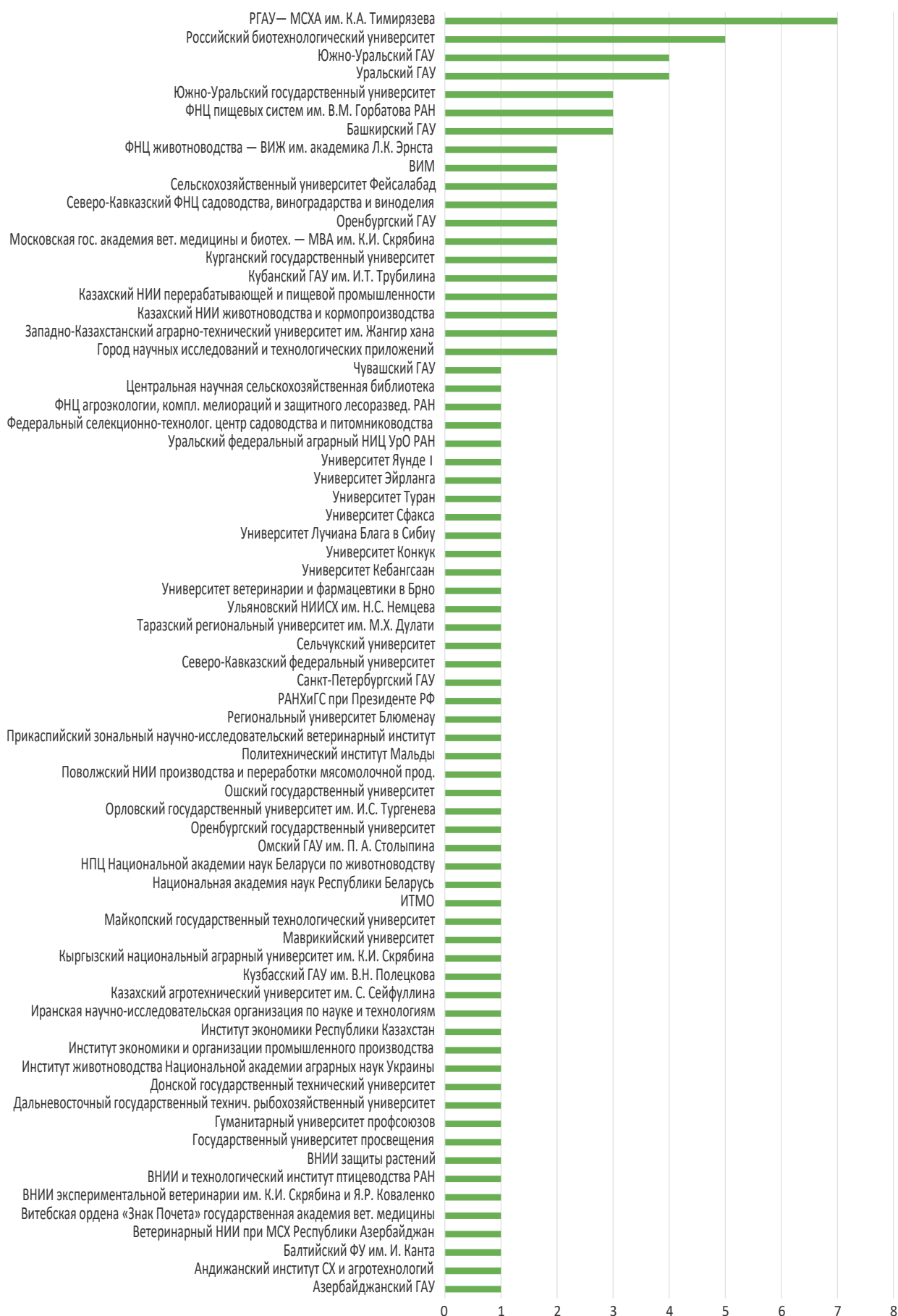
Таблица 1. Научные разделы журнала
Table 1. Scientific sections of the journal

Шифр и наименование области науки	Научный раздел журнала	Шифр	Наименование научной специальности
4. Сельскохозяйственные науки	Агрономия	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
	Зоотехния и ветеринария	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
	Агроинженерия и пищевые технологии	4.3.1	Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
		4.3.3	Пищевые системы
5. Социальные и гуманитарные науки	Экономика	5.2.3	Региональная и отраслевая экономика

¹ Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 года № 1093». — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202104060043> (дата обращения: 11.12.2023).

² URL: <https://www.vetpress.ru/jour/pages/view/EditorialC> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 1. Аффилиация членов редакционной коллегии журнала
Fig. 1. Affiliation of the members of the editorial board of the journal



Разнообразие географических локаций членов редакционной коллегии журнала представлено на рис. 2, 3.

В журнале работают члены редколлегии из 23 субъектов Российской Федерации: Адыгеи, Башкортостана, Волгоградской обл., Дагестана, Калининградской обл., Кемеровской обл., Краснодарского края, Курганской обл., Ленинградской обл., Москвы, Московской обл., Новосибирской обл., Омской обл., Оренбургской обл., Орловской обл., Приморского края, Ростовской обл., Санкт-Петербурга, Свердловской обл., Ставропольского края, Ульяновской обл., Челябинской обл., Чувашии (рис. 2).

В редакционной коллегии журнала работают представители научного сообщества из 20 зарубежных стран: Азербайджана, Беларуси, Бразилии, Египта, Индии, Индонезии, Ирана, Казахстана, Камеруна, Кыргызстана, Маврикия, Малайзии, Пакистана, Румынии, Туниса, Турции, Узбекистана, Украины, Чехии, Южной Кореи (рис. 3).

Инфографика опубликованных статей по научным разделам и ежемесячным выпускам журнала в 2024 году представлена на рисунке 4.

В 12 ежемесячных номерах журнала за 2024 год были опубликованы 252 научные статьи (рис. 4) (в среднем 21 статья в одном периодическом номере).

Рис. 2. Количественный состав российских членов редакционной коллегии журнала (по субъектам Российской Федерации)
Fig. 2. Quantitative composition of Russian members of the editorial board of the journal (by constituent entities of the Russian Federation)

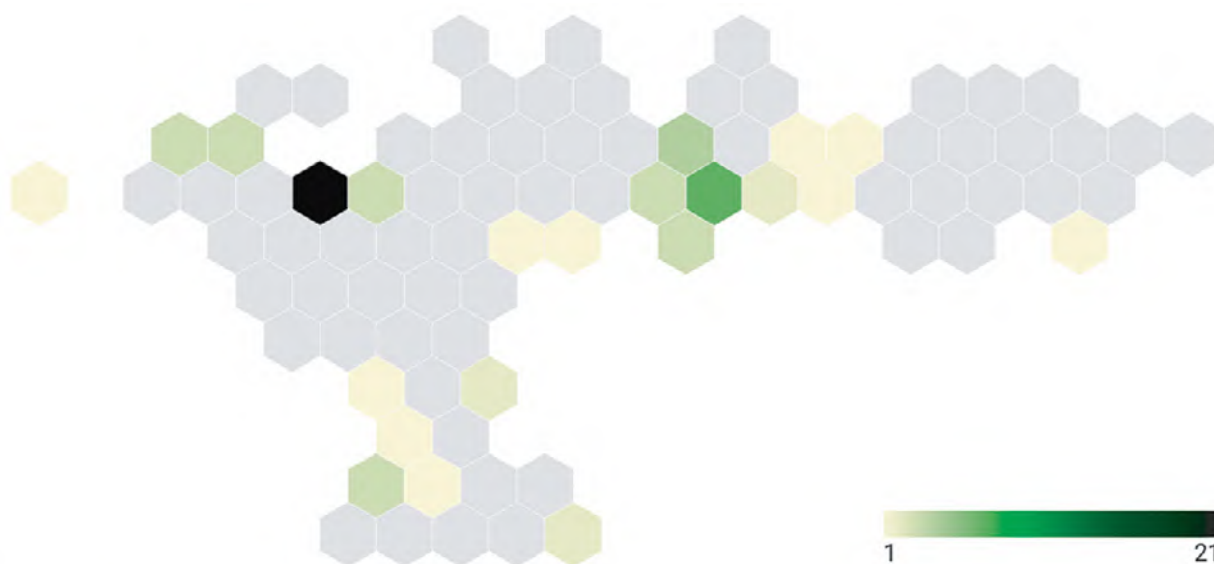
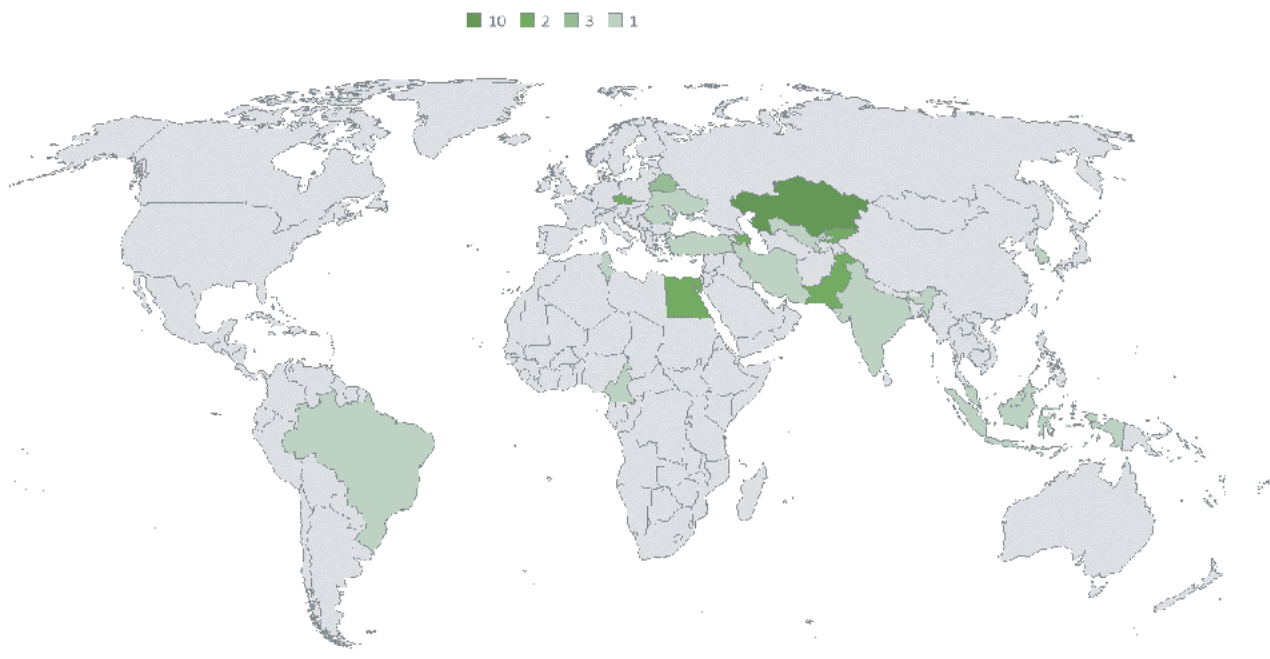


Рис. 3. Количественный состав иностранных членов редакционной коллегии журнала (по зарубежным странам)
Fig. 3. Quantitative composition of foreign members of the journal's editorial board (by country foreign)



Наибольшее количество научных статей и обзоров (45,63%) было опубликовано в разделе «Зоотехния и ветеринария» (рис. 5).

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала, проходят обязательное рецензирование³. В адрес редакции журнала поступило для публикации 330 научных рукописей (опубликовано — 78%, обоснованных отказов в публикации — 22%). Среднее

время рецензирования статьи — 14 дней, от поступления рукописи до публикации — в среднем 66 дней.

За 2024 год количество авторов в научной статье журнала — в среднем 3,46 (рис. 6).

В научном разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» наибольший средний показатель количества авторов статьи (7,76), а в разделе «Экономика» — наименьший (2,17) (рис. 7).

Рис. 4. Количество опубликованных статей по научным разделам и номерам журнала в 2024 году
Fig. 4. Number of published articles by scientific sections and journal issues in 2024

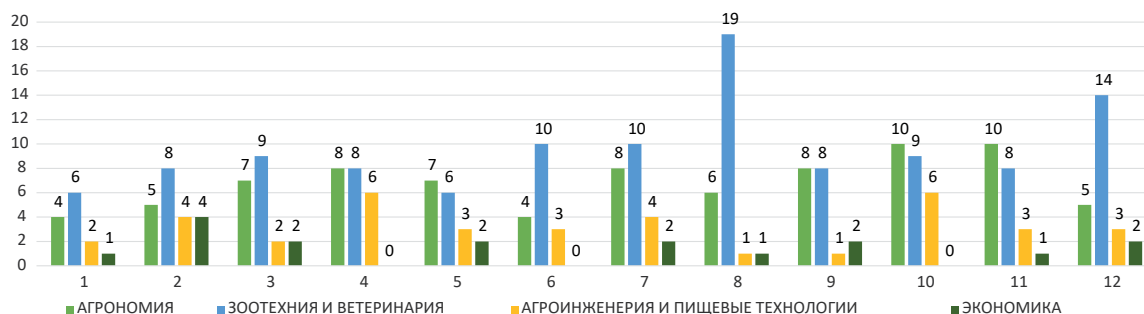


Рис. 5. Соотношение публикаций по научным разделам журнала в 2024 г.
Fig. 5. Ratio of publications by scientific sections of the journal in 2024

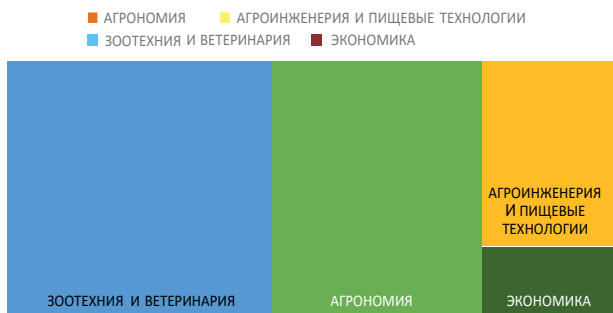


Рис. 7. Среднее количество авторов в статьях по научным разделам журнала в 2024 г.
Fig. 7. Average number of authors in articles in scientific sections of the journal in 2024

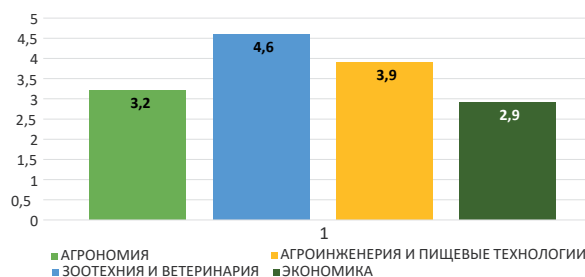
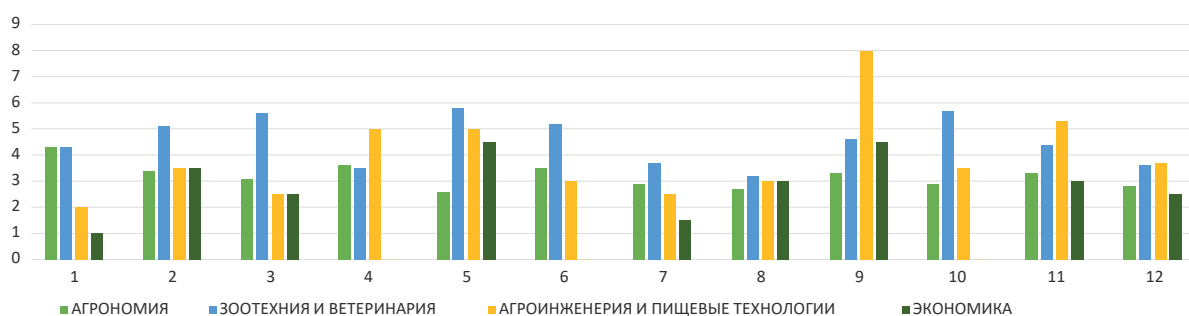


Рис. 6. Среднее количество авторов в статьях по номерам и научным разделам журнала (всего 12 выпусков журнала в 2024 г.)
Fig. 6. Average number of authors in articles by journal issues and scientific sections (12 journal issues in 2024)

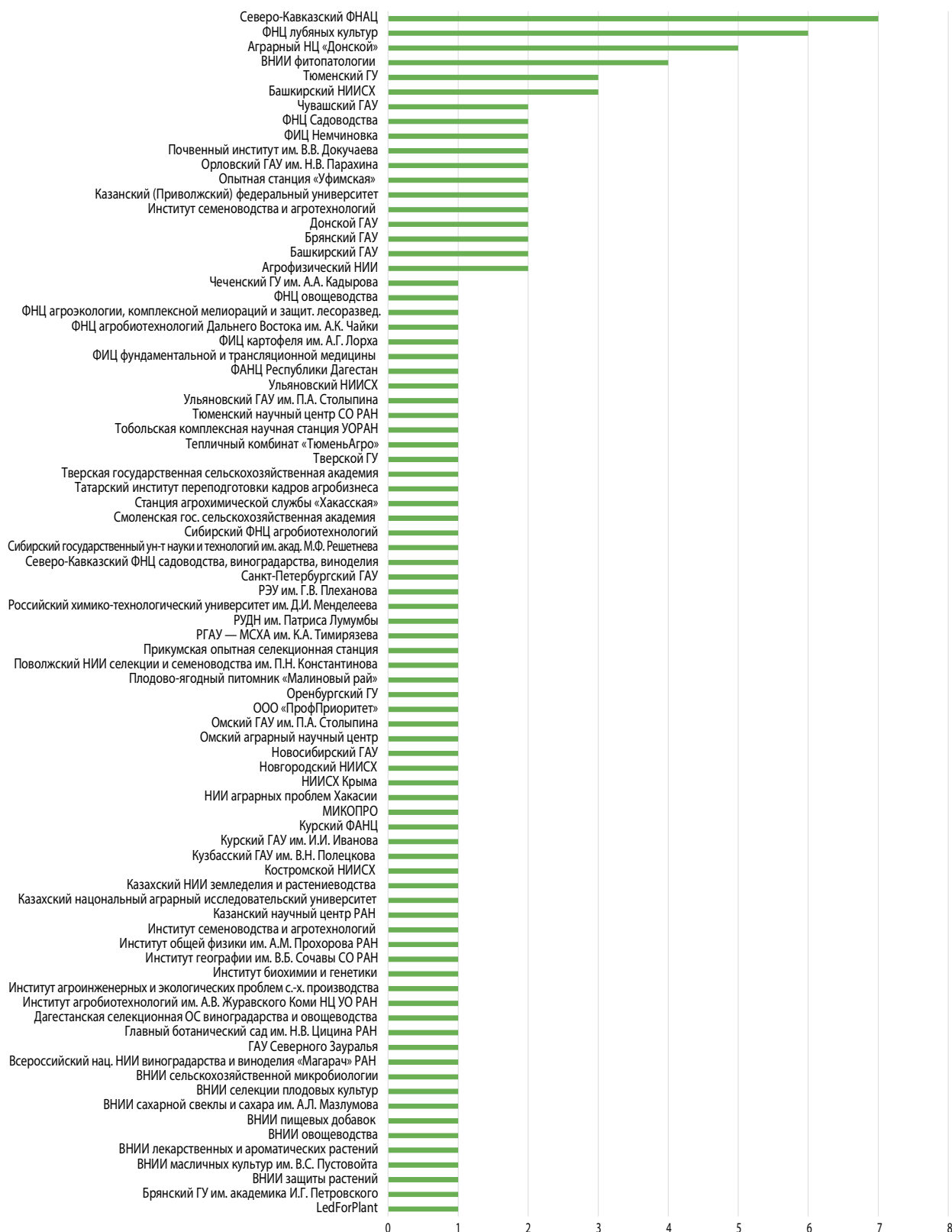


³ URL: <https://www.vetpress.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-0> (дата обращения: 13.12.2023).

Представители 82 организаций и учреждений были опубликованы в 2024 году в научном разделе «Агрономия». Наибольшее количество публикаций было от авторов из Северо-Кавказского

федерального научного аграрного центра (7), Аграрного центра «Донской» (6), Федерального научного центра лубяных культур (5) (результаты представлены на рис. 8).

Рис. 8. Распределение количества научных публикаций по организациям в разделе «Агрономия» за 2024 г.
Fig. 8. Distribution of the number of scientific publications by organizations in the "Agronomy" section for 2024

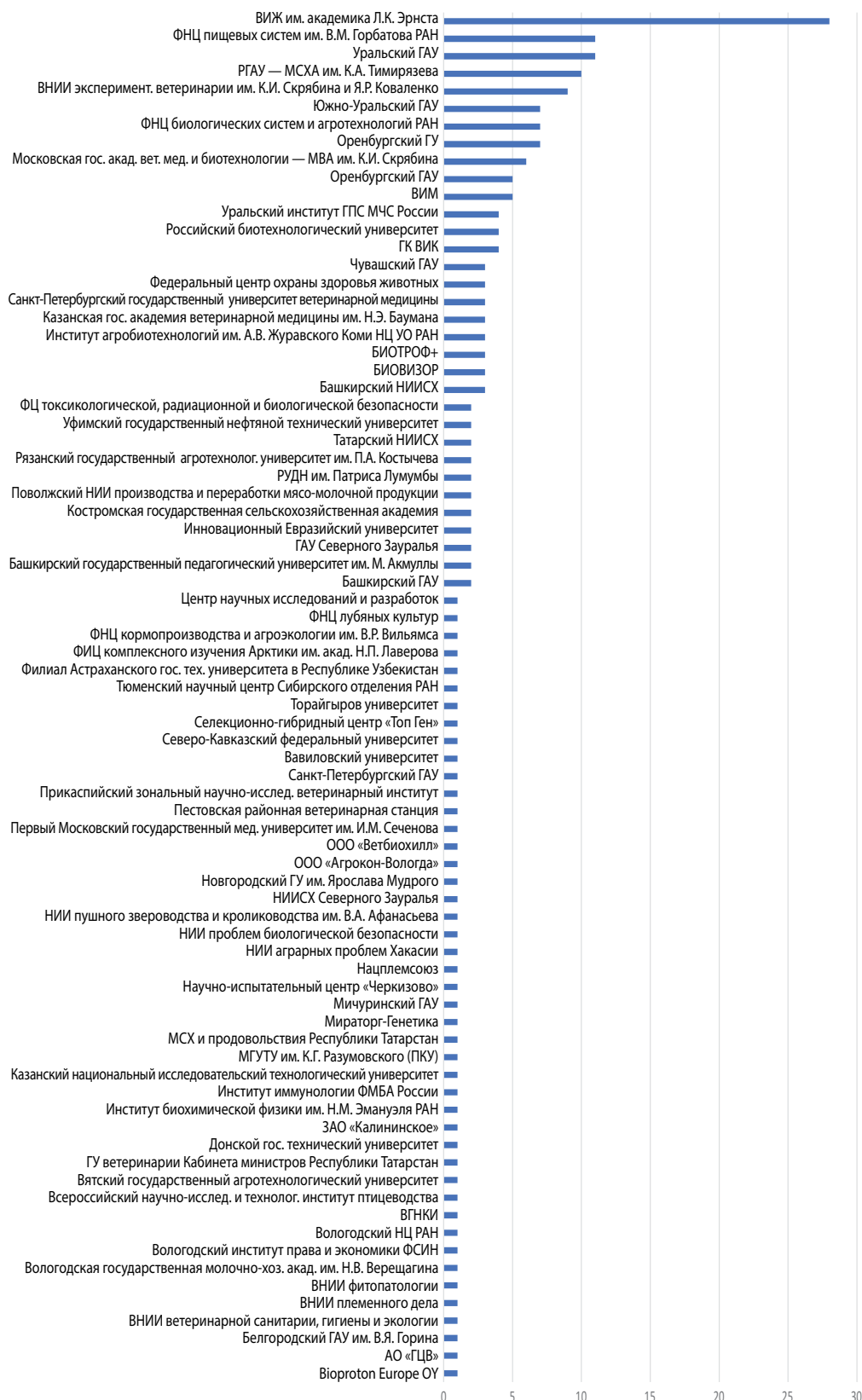


В разделе журнала «Зоотехния и ветеринария» опубликованы результаты научных исследований 78 организаций и учреждений (рис. 9). Лидеры среди организаций по

разделу — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (28), ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова (11), Уральский ГАУ (11), РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева (10).

Рис. 9. Распределение количества научных публикаций по организациям и учреждениям в разделе «Зоотехния и ветеринария» за 2024 г.

Fig. 9. Distribution of the number of scientific publications by organizations and institutions in the section “Animal Science and Veterinary Medicine” for 2024



В разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» за 2024 год опубликовали научные статьи ученые из 27 организаций и учреждений (рис. 10). В этом разделе больше всего публикаций было от авторов из ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова (12), Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (10), Уральского ГАУ (8).

Научные публикации были размещены в 2024 году в разделе «Экономика» образовательными

организациями Высшая школа экономики, Государственный университет по землеустройству, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Уральский ГАУ, Чувашский ГАУ (по 2 публикации в каждой). Всего в данном разделе опубликованы научные исследования 25 организаций и учреждений (рис. 11).

Географический ландшафт организаций и учреждений из 45 субъектов Российской Федерации,

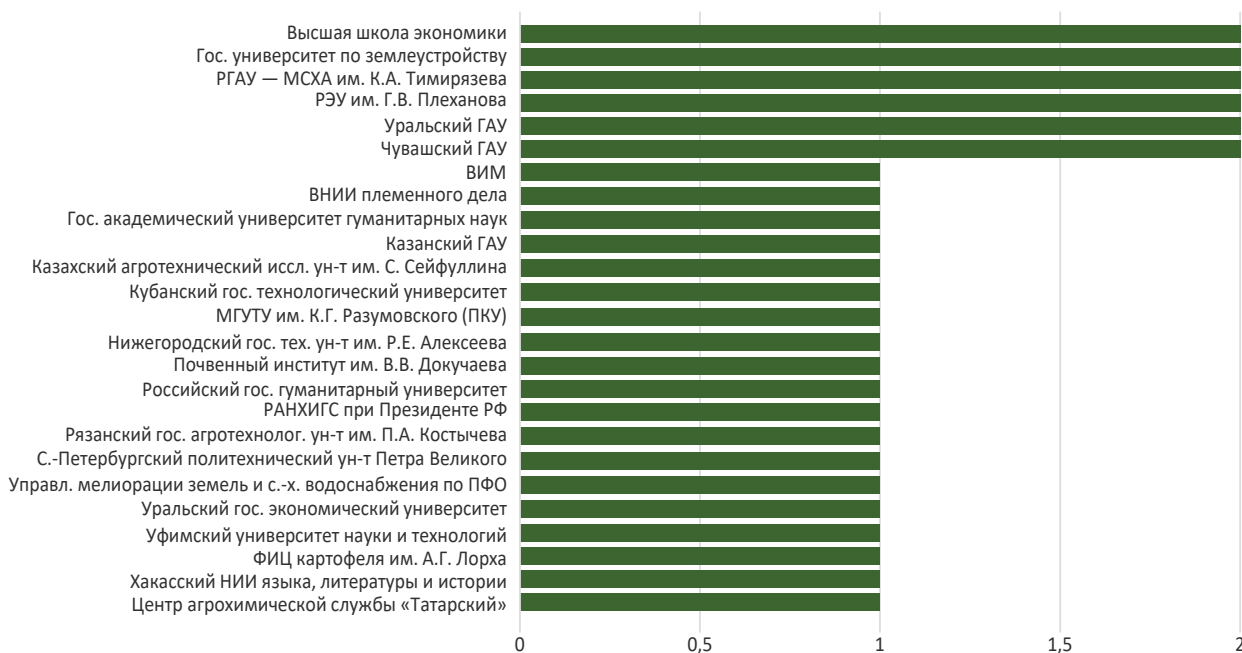
Рис. 10. Распределение количества публикаций по организациям и учреждениям в разделе «Агроинженерия и пищевые технологии» за 2024 г.

Fig. 10. Distribution of the number of publications by organizations and institutions in the section “Agroengineering and food technologies” for 2024



Рис. 11. Распределение количества организаций и учреждений в разделе «Экономика» за 2024 г.

Fig. 11. Distribution of the number of organizations and institutions in the “Economy” section for 2024.

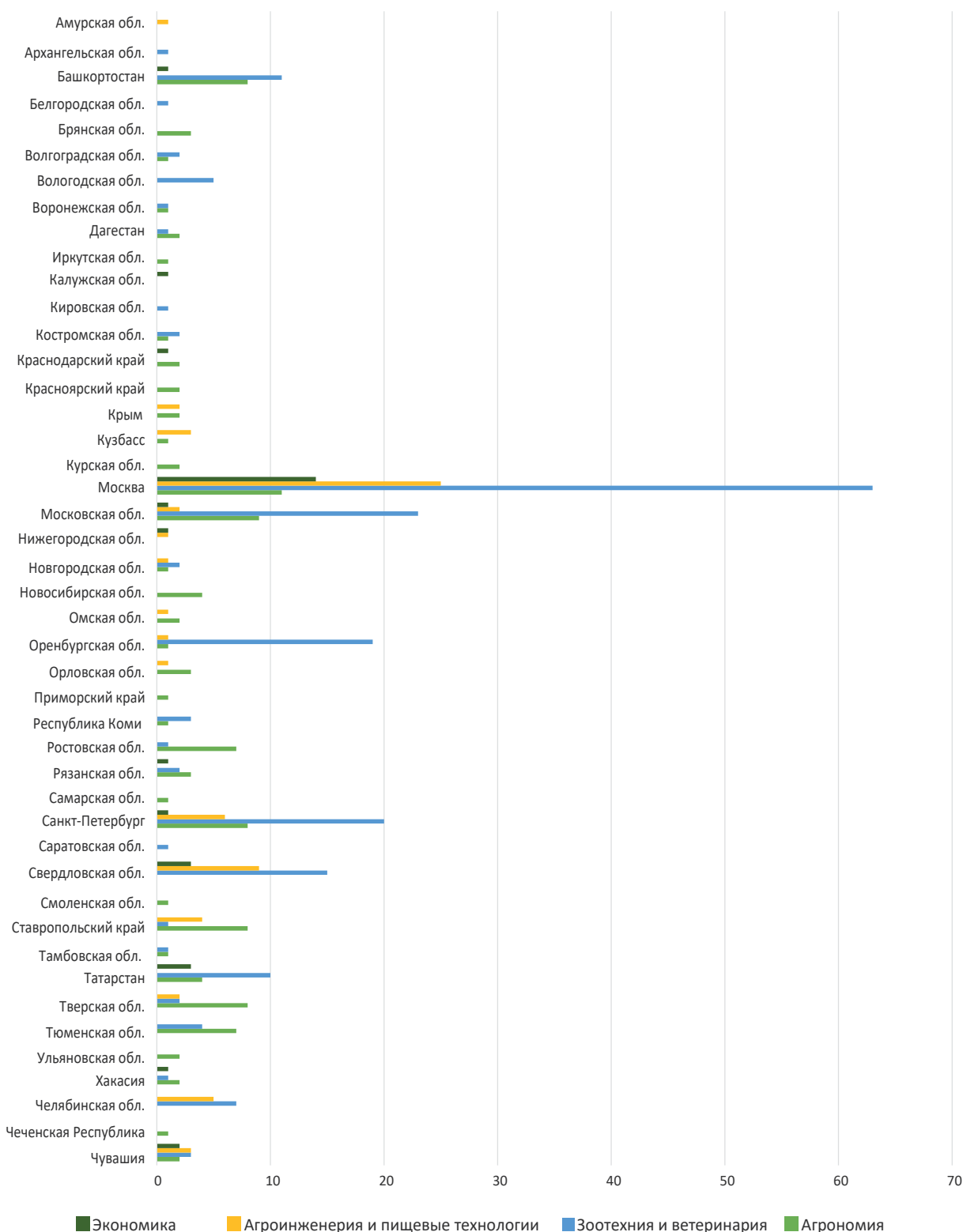


которые опубликовали научные работы по 4 научным разделам журнала в 2024 году, представлен на рисунке 12: г. Москва — 113 организаций, Московская обл. — 35, г. Санкт-Петербург — 35, Свердловская обл. — 27, Оренбургская обл. — 21, Республика Башкортостан — 20.

За 2024 год количество публикаций с участием авторов из Казахстана, Азербайджана,

Узбекистана и Финляндии составило 9 шт., или 3,57% от общего числа опубликованных научных статей (рис. 13). Наибольшее количество публикаций с участием иностранных авторов — в разделе «Зоотехния и ветеринария» (7 шт., или 63,6% от количества публикаций с международным участием). Самыми активными среди публикующих в журнале за 2024 год являются граждане

Рис. 12. Географический ландшафт организаций по субъектам Российской Федерации
Fig. 12. Geographical landscape of organizations by subjects of the Russian Federation



Казахстана — 23 человека, или 92% от общего числа зарубежных авторов (рис. 13).

В 2024 году в журнале опубликованы на английском языке 8 статей, большая часть (50%) относится к разделу «Зоотехния и ветеринария» (табл. 2).

Неотъемлемым критерием публикации является список использованной литературы, который позволяет охарактеризовать источниковедческую базу исследования и установить фактическую достоверность приводимых в тексте сведений. Среднее количество библиографических ссылок в публикациях журнала по ежемесячным выпускам и научным разделам в 2024 году показано на рисунках 14, 15. Отмечаем рост количества используемых для цитирования источников информации по сравнению с 2023 годом.

Авторский профиль по ученым степеням и научным званиям помогает понять, какие категории авторов публикуют свои исследования в научном издании по научным разделам. Прослеживается тенденция, что основными авторами статей являются кандидаты наук (или PhD) — 46,0% от общего числа авторов (рис. 16, 17).

Отрадно, что увеличилось количество студентов и аспирантов среди авторов журнала — до 7,6%.

Рис. 13. Количество иностранных авторов по разделам журнала в 2024 г.
Fig. 13. Number of foreign authors by journal sections in 2024

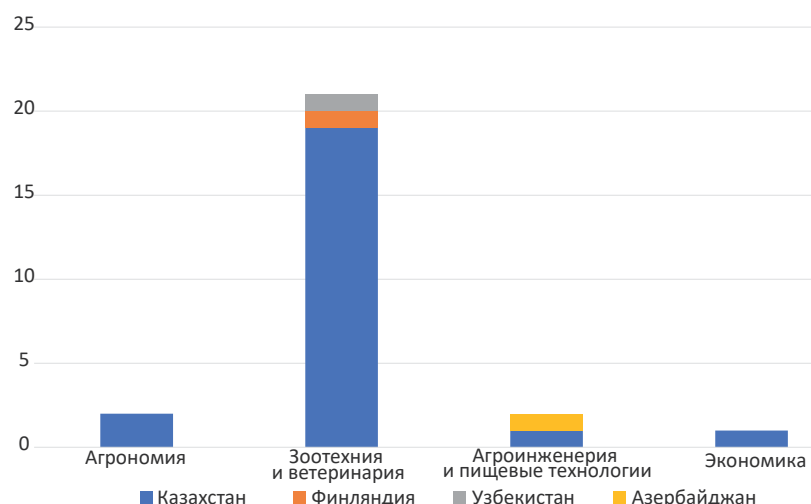


Таблица 2. Количество статей в журнале на английском языке в 2024 г.
Table 2. Number of articles in the journal in English in 2024

Научный раздел журнала	Количество публикаций на англ. яз.	Номера журнала
Агрономия	1	6
Зоотехния и ветеринария	4	2, 3, 9
Агроинженерия и пищевые технологии	3	10–12

Рис. 14. Среднее количество библиографических источников в публикациях журнала по научным разделам в 2024 г.

Fig. 14. Average number of bibliographic sources in journal publications by scientific sections in 2024

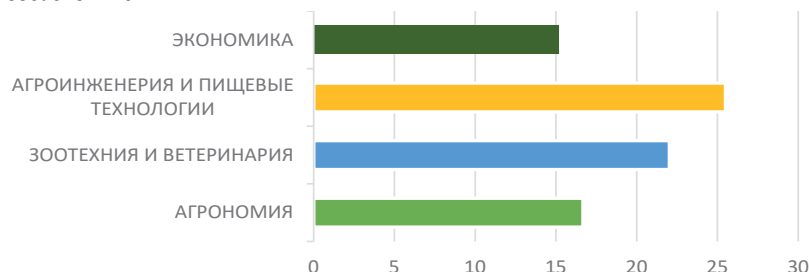


Рис. 15. Среднее количество библиографических ссылок в публикациях журнала по 12 выпускам и научным разделам за 2024 г.
Fig. 15. Average number of bibliographic references in journal publications across 12 issues and scientific sections for 2024

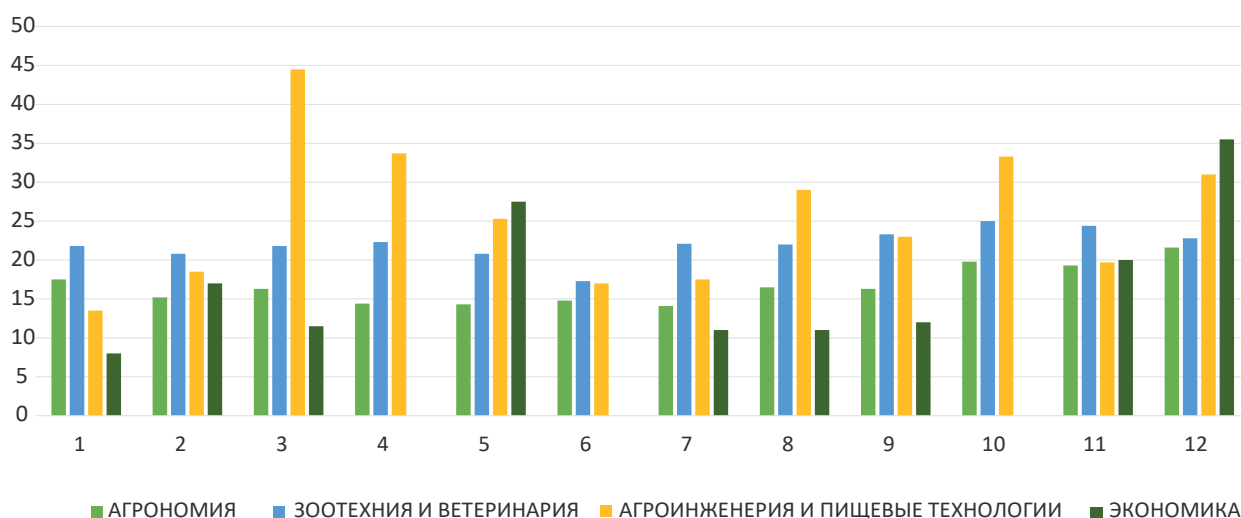
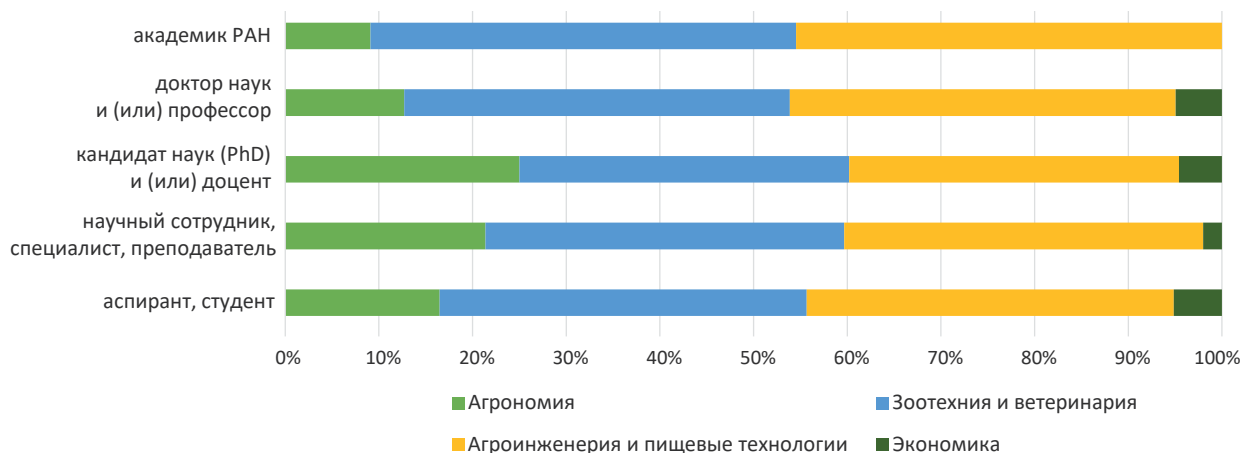
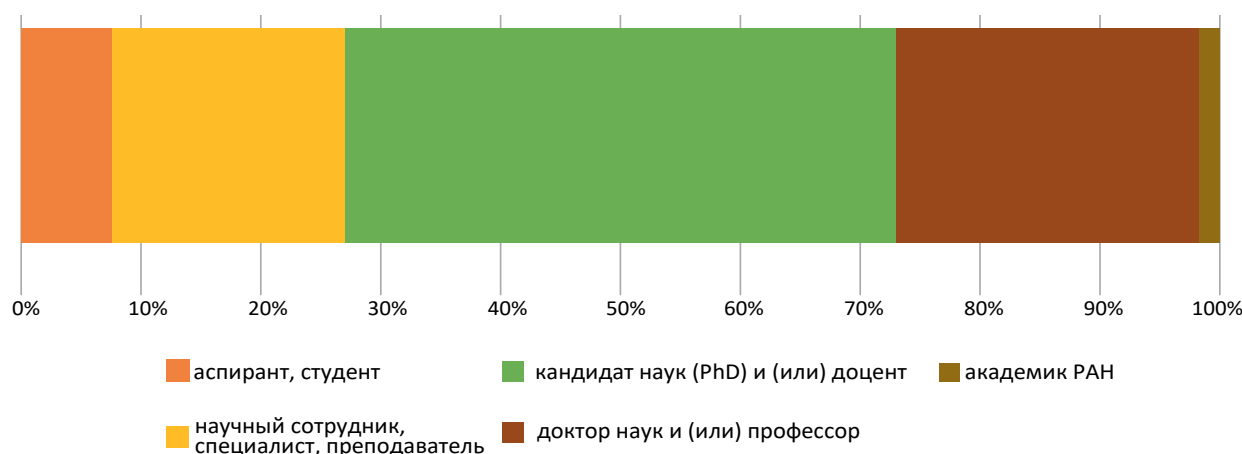
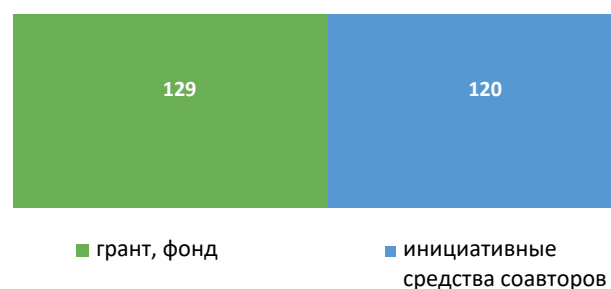
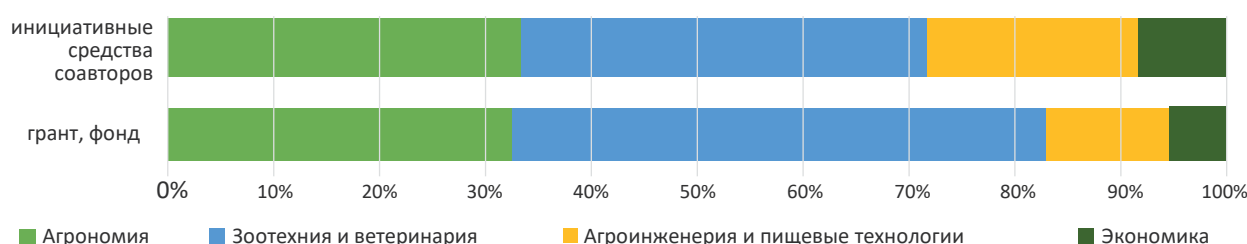


Рис. 16. Авторский профиль по ученым степеням и научным званиям по научным разделам в 2024 г.**Fig. 16.** Author profile by academic degrees and scientific titles by scientific sections in 2024**Рис. 17.** Авторский профиль в журнале в 2024 г.**Fig. 17.** Author profile in the journal in 2024

Финансирование научных исследований из различных источников стимулирует авторов публиковать научные данные в журналах. За 2024 год количество публикаций, профинансированных грантами и фондами, составляет 129 шт., или 51,8% (рис. 18, 19).

Использование различных видов грантов как формы безвозмездной поддержки исследований позволяет создать благоприятные условия для научно-технического развития.

Представленные информационные материалы будут обсуждены на ближайшем заседании редакции журнала в 2025 году.

Рис. 18. Источники финансирования научных публикаций в журнале за 2024 г.**Fig. 18.** Sources of funding for scientific publications in the journal for 2024**Рис. 19.** Источники финансирования научных публикаций по разделам журнала**Fig. 19.** Sources of funding for scientific publications by journal sections

Выводы/Conclusions

Журнал «Аграрная наука» за 2024 год в цифрах:
— 12 ежемесячных выпусков;
— члены редколлегии представляют 23 субъекта Российской Федерации и 20 зарубежных стран;
— опубликованы 252 научные статьи, из них по разделам:

- ✓ «Агрономия» — 82,
- ✓ «Зоотехния и ветеринария» — 115,
- ✓ «Агроинженерия и пищевые технологии» — 38,
- ✓ «Экономика» — 17;
- опубликованы результаты исследований авторов из 45 субъектов Российской Федерации и 4 зарубежных стран: Казахстана, Азербайджана, Узбекистана и Финляндии;
- опубликованы результаты исследований в научных разделах:
- ✓ «Агрономия» — представители 82 организаций и учреждений,
- ✓ «Зоотехния и ветеринария» — 78,
- ✓ «Агроинженерия и пищевые технологии» — 27,

- ✓ «Экономика» — 25;
- 8 научных публикаций на английском языке;
- авторский профиль:
- ✓ аспирант, студент — 97 человек,
- ✓ научный сотрудник, специалист, преподаватель — 248,
- ✓ кандидат наук (PhD) и (или) доцент — 588,
- ✓ доктор наук и (или) профессор — 323,
- ✓ академик РАН — 22;
- количество публикаций, профинансированных грантами и фондами — 129 статей.

Благодарность/Gratitude

Главный редактор журнала выражает благодарность сотрудникам редакции: шеф-редактору И.В. Костромичевой, научному редактору М.Н. Долгой, дизайнеру С.Н. Антонову, корректору Г.М. Кузнецовой, библиографу Д.С. Нерознику, журналисту Ю.Г. Седовой, менеджеру по работе с клиентами А.С. Тепловой, которые обеспечивают высокий уровень редакционной политики и ответственности за ежемесячные выпуски периодического научного издания «Аграрная наука».

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. 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>.
2. Бойков Т.В., Димов И.В. Наука и техника как определяющий принцип человечества. *Вестник науки*. 2023; 5–1(58): 336–338. <https://elibrary.ru/uteeiq>
3. Виолин Б.В., Ребезов М.Б. Анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за 2023 год. *Аграрная наука*. 2024; (1): 40–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>
4. 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>.
5. 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>
6. Цветкова Н.А., Худoley К.К., Хейфец В.Л., Гарбузов В.Н., Истомин И.А., Харкевич М.В. Научные журналы в условиях трансформации международных отношений: проблемы, вызовы и перспективы. Часть 1. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения*. 2023; 16(3): 294–315. <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
7. Лубышева Л.И. В поисках критериев повышения рейтинга научного журнала. *Теория и практика физической культуры*. 2023; 5: 105. <https://elibrary.ru/qvdziq>
8. Попкова Е.Г., Кузнецов В.П., Самерханова Э.К. Устойчивое развитие российской науки: «институциональные ловушки» научных журналов и перспективы их преодоления. *Вестник Мининского университета*. 2023; 11(2): 9. <http://dx.doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
9. Сальникова И.И. Публикационная культура современного ученого: постановка проблемы. *Вестник Южно-Российского государственного технического университета. Серия: Социально-экономические науки*. 2023; 16(1): 267–273. <https://elibrary.ru/lzvrtv>

REFERENCES

1. 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>.
2. Boikov T.V., Dimov I.V. Science and technology as defining principle of humanity. *Bulletin of Science*. 2023; 5–1(58): 336–338 (in Russian). <https://elibrary.ru/uteeiq>
3. Violin B.V., Rebezov M.B. Analysis of publication activity of the journal “Agrarian science” for 2023. *Agrarian science*. 2024; (1): 40–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-40-51>
4. 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>.
5. 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>
6. Tsvetkova N.A., Khudoley K.K., Jefeits V.L., Garbuzov V.N., Istomin I.A., Kharkevich M.V. Scientific journals in the context of the transformation of international relations: Problems, challenges and prospects. Part 1. *Vestnik of Saint Petersburg University. International Relations*. 2023; 16(3): 294–315 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
7. Lubysheva L.I. In search of criteria for increasing the rating of a scientific journal. *Theory and practice of physical culture*. 2023; 5: 105 (in Russian). <https://elibrary.ru/qvdziq>
8. Popkova E.G., Kuznetsov V.P., Samerkhanova E.K. Sustainable development of Russian science: “institutional traps” of scientific journals and prospects for overcoming them. *Vestnik of Minin University*. 2023; 11(2): 9 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
9. Salnikova I.I. Publication culture of a modern scientist: problem statement // *Bulletin of the South Russian State Technical University. Series: Socio-economic Sciences*. 2023; 16(1): 267–273 (in Russian). <https://elibrary.ru/lzvrtv>

ОБ АВТОРАХ

Максим Борисович Ребезов^{1,2}

- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник¹;
- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов²

rebezov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>**Борис Викторович Виолин³**

кандидат ветеринарных наук

agrovetpress@inbox.ru

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

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Maksim Borisovich Rebezov^{1,2}

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher¹;

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products²

rebezov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>**Boris Viktorovich Violin³**

Candidate of Veterinary Sciences

agrovetpress@inbox.ru

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

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

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

5 Zvenigorodskoe shosse, Moscow, 123022, Russia

УДК 619:616.5-006:611.018:636.7

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-50-56

Ю.Н. Меликова ✉

А.В. Чечнева

Л.А. Верницкая

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
Москва, Россия

✉ melikovayn@mgupp.ru

Поступила в редакцию: 03.11.2024

Одобрена после рецензирования: 10.12.2024

Принята к публикации: 25.12.2024

© Меликова Ю.Н., Чечнева А.В.,
Верницкая Л.А.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-50-56

Julia N. Melikova ✉

Anastasia V. Chechneva

Lyudmila A. Vernitskaya

Russian Biotechnological University,
Moscow, Russia

✉ melikovayn@mgupp.ru

Received by the editorial office: 03.11.2024

Accepted in revised: 10.12.2024

Accepted for publication: 25.12.2024

© Melikova Yu.N., Chechneva A.V.,
Vernitskaya L.A.

Цитоархитектоника и морфофункциональные показатели дермальных мастоцитом в области лицевого скелета у собак

РЕЗЮМЕ

Результаты анализа исследования распространенности первичных спонтанных дермальных мастоцитом у собак в области лицевого скелета были проведены в 2021–2024 году. Объектом исследования являлись 63 собаки с первичными спонтанными дермальными мастоцитомами, подтвержденными гистологически.

Цели работы — изучение морфофункциональных показателей дермальных мастоцитом в области лицевого скелета у собак и оценка их степени злокачественности.

В ходе исследования определяли степень злокачественности по двум общепринятым классификациям — Kupel и Patnaik — важного прогностического критерия оценки первичных спонтанных мастоцитом в области лицевого скелета у собак. По результатам гистологического исследования первичных спонтанных мастоцитом в области лицевого скелета у собак по классификации Kupel было выявлено, что менее агрессивные опухоли встречаются чаще и составляют 65,08%, тогда как высокоагрессивные мастоцитомы встречаются в 34,92% случаев, по данным авторов, при этом по классификации Patnaik высокодифференцированные мастоцитомы выявлены в 20,63% случаев, умеренно дифференцированные наблюдали в 49,21% случаев, низкодифференцированные — в 30,16% случаев. Из полученных сведений о классификации дермальных мастоцитом следует вывод о том, что большинство умеренно дифференцированных мастоцитом по Patnaik (G2) являются высокодифференцированными по Kupel (G1), что влияет на прогностическую оценку и выбор тактики лечения больных собак.

Ключевые слова: тучные клетки, злокачественное новообразование, опухоль, неоплазия, мастоцитомы, гистология, собака

Для цитирования: Меликова Ю.Н., Чечнева А.В., Верницкая Л.А. Цитоархитектоника и морфофункциональные показатели дермальных мастоцитом в области лицевого скелета у собак. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 50–56.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-50-56>

Cytoarchitectonics and morphofunctional parameters of dermal mastocytomas in the area of the facial skeleton in dogs

ABSTRACT

The results of the analysis of the prevalence of primary spontaneous dermal mast cell tumors in dogs in the facial skeleton area study was conducted in 2021–2024. The object of the study were 63 dogs with primary spontaneous dermal mast cell tumors, confirmed histologically.

The purpose of the work is to study the morphofunctional indicators of dermal mast cell tumors in the facial skeleton area in dogs and to assess their degree of malignancy.

During the study, the degree of malignancy was determined according to two generally accepted classifications, according to Kupel and Patnaik — an important prognostic criterion for assessing primary spontaneous mast cell tumors in the facial skeleton area in dogs. According to the results of histological examination of primary spontaneous mast cell tumors in the facial skeleton area in dogs according to the Kupel classification, it was revealed that less aggressive tumors are more common and account for 65.08%, while highly aggressive mast cell tumors occur in 34.92% of cases according to our data, while according to the Patnaik classification, highly differentiated mast cell tumors were detected in 20.63% of cases, moderately differentiated were observed in 49.21% of cases, and poorly differentiated — in 30.16% of cases. From the obtained information on the classification of dermal mast cell tumors, it follows that the majority of moderately differentiated mast cell tumors according to Patnaik (G2) are highly differentiated according to Kupel (G1), which affects the prognostic assessment and choice of treatment tactics for sick dogs.

Key words: mast cells, malignant neoplasm, tumor, neoplasia, mastocytoma, histology, dog

For citation: Melikova Yu.N., Chechneva A.V., Vernitskaya L.A. Cytoarchitectonics and morphofunctional parameters of dermal mastocytomas in the area of the facial skeleton in dogs. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 50–56 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-50-56>

Введение/Introduction

Злокачественные неоплазии собак представляют собой распространенную группу онкопатологий, характеризующихся неконтролируемой пролиферацией клеток из-за нарушения механизмов регуляции их роста, деления и дифференцировки вследствие изменений в генетическом аппарате, а также атипичной структурой клеток и неоваскуляризацией опухоли [1, 2].

Патологические процессы в организме животного, характерные для развития онкологического процесса, определяются ростом и инвазией злокачественных опухолей, метастазированием, а также косвенным воздействием на все системы жизнедеятельности организма [3, 4].

Тучноклеточные опухоли (мастоцитомы) являются наиболее распространенными злокачественными новообразованиями кожи у собак, не имеют доброкачественных аналогов и составляют 16–21% всех спонтанных новообразований кожи при общей распространенности 0,27% в популяции данного вида животных [1, 2].

Дермальные мастоцитомы — мастоцитомы, располагающиеся в области дермы, межфолликулярного пространства. Мастоцитомы средней и низкой степени дифференцировки будут распространяться на гиподерму и ниже [1, 3].

В научных статьях отмечено наличие предрасположенности некоторых пород к развитию мастоцитом, что позволяет предположить генетический фактор [4, 5]. Определение степени злокачественности мастоцитом основано на результатах гистологического исследования, которое отражает основные критерии злокачественности опухоли, а также играет важную роль в определении прогноза течения и лечения дермальных мастоцитом собак [1–3].

Степень злокачественности мастоцитом определяется с использованием двух гистологических классификаций, описанных Kupel и Patnaik. Система, предложенная Patnaik и соавт., учитывает клеточную морфологию и степень повреждения тканей, что позволяет классифицировать мастоцитомы на три различные степени злокачественности [5, 6]. Впоследствии Kupel и соавт. предложили новую классификацию, которая на основе патоморфологических критериев подразделяет мастоцитомы на две категории, а именно на высоко- и низкоклеточные [5, 7–10].

Гистологически для дермальных мастоцитом собак было выявлено несколько негативных прогностических факторов, включая митотический счет, инфильтративный рост и многоядерность клеток [11–15].

Гистологическая классификация считается основным инструментом в прогностической оценке заболевания, однако системы классификации

злокачественности дермальных мастоцитом являются передовыми морфологическими стандартами, обеспечивающими практическую применимость в определении прогноза течения тучноклеточных новообразований [1–3, 6–10].

Стоит отметить, что при морфологическом исследовании дермальные мастоцитомы собак необходимо графировать по обеим гистологическим системам классификации (Patnaik и Kiupel) [14].

Лицевой скелет является сложной областью для соблюдения правил онкохирургии ввиду частой невозможности соблюдения принципов абластики и антибластики. Учитывая данный факт, особенно ценным является определение границ резекции как прогностического признака в аспекте определения дальнейшей тактики лечения собак с первичными спонтанными мастоцитомами в области лицевого скелета [9, 10].

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось в 2021–2024 годах на базе кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных и научно-исследовательской лаборатории онкологии, офтальмологии и биохимии животных Российского биотехнологического университета «РОСБИОТЕХ».

Объектом исследования являлись 63 собаки домашнего содержания различных пород, пола и возраста с первичными спонтанными мастоцитомами в области лицевого скелета, подтвержденными морфологическими исследованиями (цитологическим и (или) гистологическим).

При проведении исследования использовали комплексный методический подход, состоящий из анализа анамнестических данных жизни и болезни животных, проведения клинического осмотра по общепринятой методике, оценки результатов общего клинического и биохимического анализов крови, а также дополнительных методов визуальной диагностики, включавших рентгенографическое и ультразвуковое исследование грудной и брюшной полости, магнитно-резонансную и компьютерную томографии. Все манипуляции проводили максимально безопасно для животных^{1,2}.

С помощью методов визуальной диагностики определяли локализацию и степень инвазии первичного опухолевого очага, оценивали наличие метастазов, а также проводили морфологическое исследование новообразований после их резекции.

Окончательный диагноз и степень злокачественности определяли на основании анализа результатов комплексного обследования животного и подтверждения опухолевого процесса

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No. 123) [рус., англ.]. Страсбург. 18.03.1986.

² 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».

посредством морфологического исследования биоптатов для исключения других возможных факторов клинических проявлений патологических состояний.

После проведения резекции новообразования полученные образцы подвергали макроскопической оценке (рис. 1), впоследствии материал помещали в герметичные контейнеры с 10%-ным забуференным раствором формалина для фиксации и последующего проведения гистологического исследования с целью подтверждения диагноза и определения чистоты краев операционной раны.

Все биоптаты фиксировали не менее 3 суток с одной заменой фиксирующего раствора. Соотношение объема материала к формалину составляло не менее 1:10. После фиксации проводили макроскопическое исследование и вырезку патологического материала (минимум 4 среза). После гистологической проводки ткани заливали парафином, производили микротомию с получением срезов толщиной 5 мкм и окрашивание гематоксилином и эозином по протоколам фирмы-производителя.

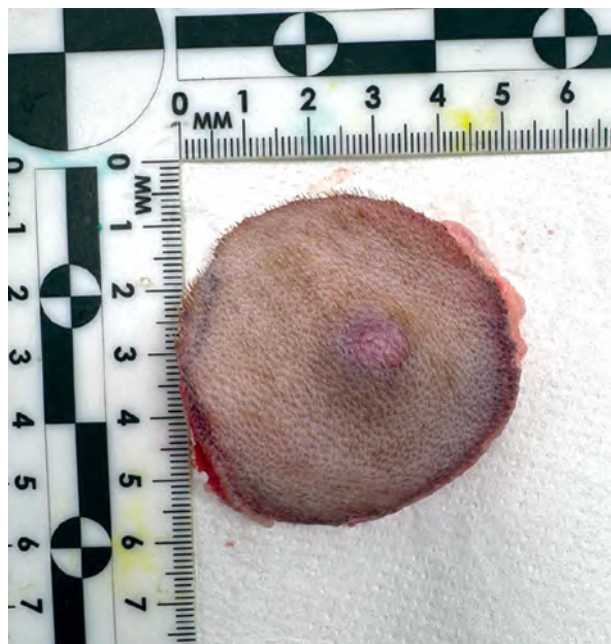
Однако стоит учитывать особенности окрашивания гранул мастоцита, которые не всегда окрашиваются гематоксилин-эозином, что может вызывать трудности при установлении гистологического диагноза. Для более точной диагностики мастоцитом используется дополнительное окрашивание толудиновым синим [12]. Полученные гистологические препараты подвергали патоморфологическому исследованию.

Оценку препаратов проводили на микроскопе Olympus CX23 (Япония), объектив $\times 10$; окуляры $\times 4$, $\times 10$, $\times 40$.

Проводилась оцифровка единичных гистологических слайдов с загрузкой их в систему Histoscan

Рис. 1. Общий вид послеоперационного биоптата кожи с центрально расположенной опухолью. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 1. Gross view of postoperative skin biopsy of a centrally located tumor. Photo by L.A. Vernitskaya



(ООО «Гистоскан», г. Санкт-Петербург, Россия). С каждого гистологического препарата выполняли по 10 цифровых снимков разных полей зрения при увеличении $\times 40$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$, $\times 1000$.

Морфометрические исследования проводили с использованием программы «ВидеоТест-Мастер Морфология 4.0» для Windows (г. Санкт-Петербург, Россия).

Мастоцитомы в области головы градиrowались по двум общепринятым системам — Patnaik и Kiupel [14].

Критерии оценки Patnaik указаны в таблице 1.

Таблица 1. Критерии оценки дермальных мастоцитом по Patnaik

Table 1. Patnaik Histological Grading Criteria

Критерий оценки	Степень градации		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Локализация	Дерма и межфолликулярные пространства	Проникают в нижние слои дермы и подкожную жировую клетчатку	Проникают в глубокие подлежащие ткани
Морфология клеток	Округлые, мономорфные клетки. Цитоплазма ярко выражена, с гранулами среднего размера	Круглые или овальные умеренно полиморфные, с разбросанными веретенообразными и гигантскими клетками; отчетливая цитоплазма с мелкими гранулами в большинстве клеток, но нечеткая цитоплазма и крупные (гиперхромные) гранулы в некоторых клетках	Округлые, овальные или веретенообразные, полиморфные, среднего размера; нечеткая цитоплазма с мелкими или неяркими гранулами; много гигантских клеток и разбросанных многоядерных клеток
Морфология ядер	Круглые клетки, конденсированный хроматин	Круглые или с вдавлениями клетки, с рассеянным хроматином и отдельными ядрышками; редкие двоядерные клетки	От каемчатых до округлых клеток, с одним или несколькими визуализируемыми ядрышками; часто встречаются двоядерные клетки
Архитектура, клеточность, стромальная реакция	Расположены рядами или небольшими группами клетки, разделенные зрелыми коллагеновыми волокнами	Клетки расположены группами с тонкой фиброваскулярной стромой (иногда толстой и фиброколлагеновой с участками гиалинизации)	Клетки расположены в плотно упакованных скоплениях; строма фиброваскулярная или толстая и фиброколлагеновая с участками гиалинизации
Митотические фигуры	Отсутствуют	Редкие (0–2 в поле зрения)	Частые (3–6 в поле зрения)
Отек и некроз	Редкие	Зоны отека и некроза	Обширный отек, некроз и геморрагии

Таблица 2. Критерии оценки дермальных мастоцитом по Kipiel

Table 2. Kiupel Histologic Grading Criteria

Высокозлокачественные при наличии любого из следующих критериев	Характерные особенности дермальных мастоцитом
> 7 митозов / 10 полей зрения	В участках с наибольшей митотической активностью
> 3 многоядерных клеток / 10 полей зрения	Многоядерные клетки (с 3 и более ядрами)
> 3 атипичных ядер / 10 полей зрения	Атипичные ядра с выраженными углублениями, сегментацией и неправильной формы
Кариомегалия	По меньшей мере 10% клеток различаются в 2 раза

Таблица 3. Локализации мастоцитом в области лицевого скелета у собак

Table 3. Localization of mast cell tumors in the skull area in dogs

Локализация	Собаки (n = 63)	
	Абсолютные значения, животные	Относительные значения, %
Кожа подбородка	18	28,57
Кожа верхней губы	32	50,79
Кожа лба	3	4,76
Кожа в периорбитальной области	1	1,59
Кожа в области век	9	14,29

Критерии оценки дермальных мастоцитом по Kipiel представлены в таблице 2.

Оценивали наличие или отсутствие атипичных мастоцитов в резецированных тканях, окружающих злокачественную опухоль и размер границ резекции.

Патоморфологический диагноз устанавливали по результатам микроскопии.

На основании полученных результатов исследования были сформированы базы данных в программе Excel MS Office (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Клиническими проявлениями дермальных мастоцитом являются новообразования кожи округлой формы с признаками зуда и воспаления и, как следствие, наличием спонтанной или самоиндуцированной алопеции, а также возможных геморагий на поверхности кожи вследствие нарушения системы гемостаза (рис. 2).

Результаты исследования локализации мастоцитом в области лицевого скелета у собак представлены в таблице 3.

Наиболее часто дермальные мастоцитомы регистрировали в области кожи верхней губы — 32 случая (50,79%), кожи подбородка — 18 случаев (28,57%), реже в области кожи век — 9 случаев (14,29%), области лба — 3 случая (4,76%), периорбитальной области — 1 случай (1,59%).

При морфологическом исследовании отличительными признаками мастоцитом являлись (рис. 3, 4):

- мастоцитарный инфильтрат умеренной клеточности, состоящий из формирующих группы

Рис. 2. Макрокартина новообразования кожи в области подбородка 8-летней собаки породы французский бульдог, интактный самец: изъязвленное новообразование с признаками воспаления, зуда и геморрагических признаков. Фото Ю.Н. Меликовой

Fig. 2. Macro-picture of a skin neoplasm in the chin area of an eight-year-old French Bulldog dog, intact male: ulcerated neoplasm with signs of inflammation, itching and hemorrhagic signs. Photo by Yu.N. Melikova



Рис. 3. Общий вид биоптата с мастоцитомой. Окраска г/э, x10. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 3. General view of a biopsy specimen with mast cell tumor. Pig. H&E stain, x10. Photo by L.A. Vernitskaya

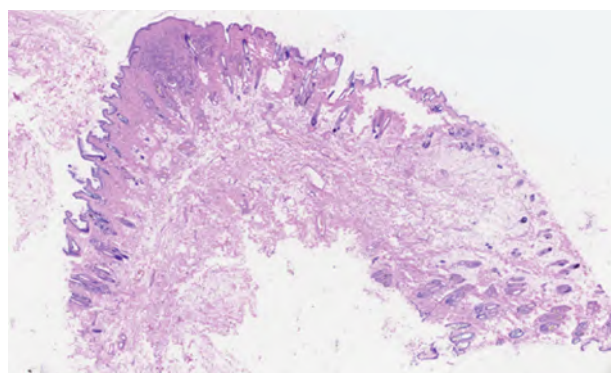
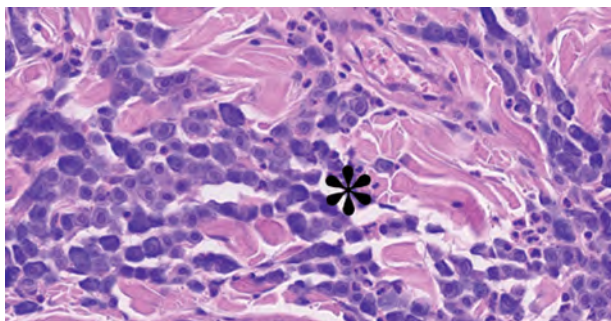


Рис. 4. Мастоциты (звездочка). Окраска г/э, x40. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 4. Mast cells (asterisk). Pig. H&E stain, x40. Photo by L.A. Vernitskaya



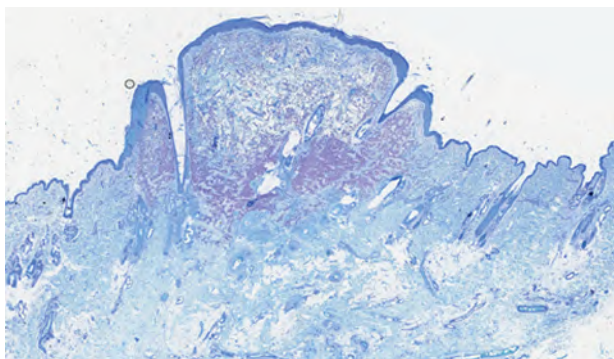
округлых клеток, разделенных фиброзной стромой;

- клетки с округлой обильной эозинофильной цитоплазмой, содержащей обильное количество гранул;

- ядра клеток округлой и овальной формы с зернистым хроматином, иногда просматриваемой единичной некрупной нуклеолой.

Рис. 5. Общий вид микропрепарата. Окраска толуидиновым синим, x10. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 5. General view of the microslide. Pig. TB stain, x10. Photo by L.A. Vernitskaya



Окрашенные толуидиновым синим микропрепараты представлены на рисунках 5, 6.

По результатам гистологического исследования постоперационного материала определили степень злокачественности первичных спонтанных мастоцитом в области лицевого скелета.

Измерение границ резекции представлено на рисунке 7.

Для определения степени злокачественности первичных спонтанных мастоцитом в области лицевого скелета использовали две общепринятые классификации — Patnaik и Kupel. Полученные данные представлены в таблице 4.

При анализе данных собак с первичными спонтанными мастоцитомами по классификации Patnaik в большинстве случаев — 31 (49,21%) — диагностировали новообразования умеренной степени клеточной дифференцировки, что характерно для новообразований пограничной степени злокачественности, тогда как в 19 случаях (30,16%) диагностировали мастоцитомы низкой степени клеточной дифференцировки, что характерно для новообразований высокой степени злокачественности. В 13 случаях (20,63%) были выявлены высокодифференцированные мастоцитомы, что соответствует низкой степени злокачественности.

В свою очередь, при оценке мастоцитом по классификации Kupel в большинстве случаев — 41 (65,08%) — диагностировали новообразования высокой степени клеточной дифференцировки, что характерно для новообразований низкой степени злокачественности. В 22 случаях (34,92%)

Рис. 6. Клеточная популяция мастоцитов.

На микропрепарате различимы окрашенные гранулы мастоцитов (звездочка). Окраска толуидиновым синим, x20. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 6. Cell population of mastocytes. Stained granules (asterisk) of mastocytes are visible on the slide. Pig. TB stain, x20. Photo by L.A. Vernitskaya

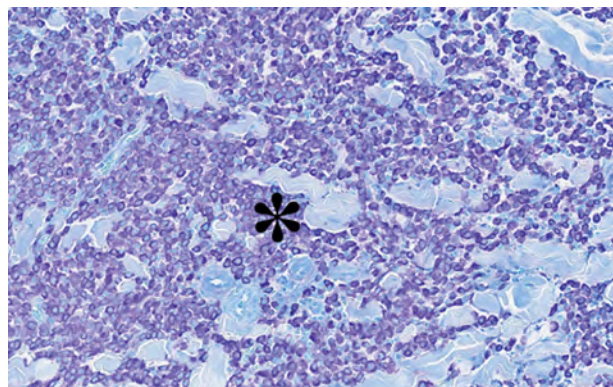
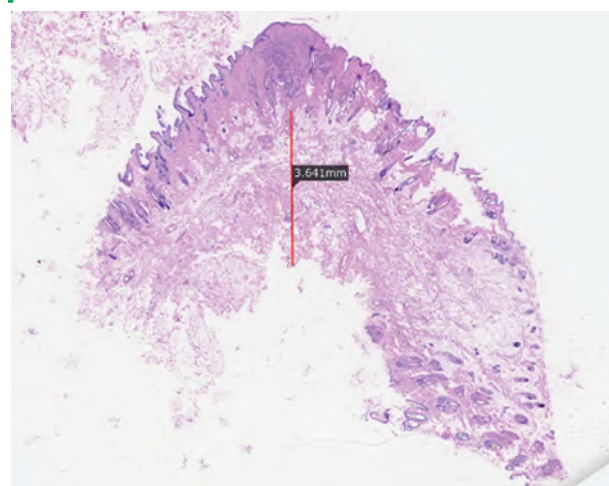


Рис. 7. Измерение границ резекции с помощью системы Histoscan (красная линия). Окраска г/э, x10. Фото Л.А. Верницкой

Fig. 7. Measuring of margins with using the Histoscan system (red line). Pig. H&E stain, x10. Photo by L.A. Vernitskaya



диагностировали мастоцитомы низкой степени клеточной дифференцировки, что характерно для новообразований высокой степени злокачественности.

Учитывая полученные сведения о классификации дермальных мастоцитом, следует вывод о том, что две различные системы классификации не заменяют, а дополняют друг друга (для более точного прогностического значения). При

Таблица 4. Сравнительная оценка гистологической классификации мастоцитом по Patnaik и Kupel

Таблица 4. Comparative assessment of histological classification of mastocytomas by Patnaik and Kupel

Степень дифференцировки мастоцитом в области лицевого скелета, G	Собаки, n = 63			
	Patnaik		Kupel	
	выявлено животных	относительное значение, %	выявлено животных	относительное значение, %
Высокодифференцированная, G1	13	20,63	41	65,08
Умеренно дифференцированная, G2	31	49,21	–	–
Низкодифференцированная, G3	19	30,16	22	34,92

этом объединение результатов двух классификаций оценки степени дифференцировки тучноклеточных опухолей позволяет сделать вывод, что большинство мастоцитом в области лицевой части черепа являются высокодифференцированными, в свою очередь, низкодифференцированные мастоцитомы наблюдаются в трети случаев.

Стоит отметить, что большинство умеренно дифференцированных мастоцитом по Patnaik (G2) являются высокодифференцированными по Kiupel (G1), что влияет на прогностическую оценку и выбор тактики лечения больных собак.

Выводы/Conclusion

Согласно результатам исследования, было выявлено, что менее агрессивные первичные спонтанные мастоцитомы в области лицевого скелета у собак встречаются чаще и составляют 65,08%, тогда как высокоагрессивные мастоцитомы встречаются в 34,92% случаев по классификации Kiupel, при этом по классификации Patnaik менее агрессивные мастоцитомы

(высокодифференцированные и умеренно дифференцированные) в 69,84% случаев, высокоагрессивные (низкодифференцированные) — в 30,16% случаев.

В результате исследования определили, что наиболее часто регистрировали дермальные мастоцитомы у собак в области кожи верхней губы (в 50,79% случаев), кожи подбородка (28,57%), реже — в области кожи век (14,29%), области лба (4,76%) и периорбитальной области (1,59%).

По данным авторов, высокоагрессивные дермальные мастоцитомы имеют ряд отличительных патоморфологических характеристик, которые включают в себя локализацию в глуболежащих слоях дермы и за ее пределами, имеют полиморфную структуру клеток (от округлых до веретенообразных), 2 и более ядрышек или 2 ядра в цитоплазме, высокую клеточность мастоцитов и фиброваскулярную (фиброколлагеновую) толстую строму с участками гиалинизации, частые (3–6 и более) митотические фигуры, обширный отек, очаги некроза и геморрагий в исследуемом биоптате.

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

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

FUNDING

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vail D.M., Thamm D.H., Liptak J.M. Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology. 6th Edition. Saunders. 2019; 864. ISBN 9780323594967
2. Teske E., Naan E.C., van Dijk E.M., Van Garderen E., Schalken J.A. Canine prostate carcinoma: epidemiological evidence of an increased risk in castrated dogs. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2002; 197(1–2): 251–255. [https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(02\)00261-7](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(02)00261-7)
3. Ramos-Vara J.A., Borst L.B. Immunohistochemistry: Fundamentals and Applications in Oncology. Meuten D.J. (ed.). Tumors in Domestic Animals. 5th Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 44–87.
4. Kiupel M. Mast Cell Tumors. Meuten D.J. (ed.). Tumors in Domestic Animals. 5th Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 176–202.
5. Kiupel M. et al. Proposal of a 2-Tier Histologic Grading System for Canine Cutaneous Mast Cell Tumors to More Accurately Predict Biological Behavior. *Veterinary Pathology*. 2010; 48(1): 147–155. <https://doi.org/10.1177/0300985810386469>
6. London C.A., Seguin B. Mast cell tumors in the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2003; 33(3): 473–489. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(03\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(03)00003-2)
7. Tamlin V.S., Bottema C.D.K., Peaston A.E. Comparative aspects of mast cell neoplasia in animals and the role of KIT in prognosis and treatment. *Veterinary Medicine and Science*. 2020; 6(1): 3–18. <https://doi.org/10.1002/vms3.201>
8. Sledge D.G., Webster J., Kiupel M. Canine cutaneous mast cell tumors: A combined clinical and pathologic approach to diagnosis, prognosis, and treatment selection. *The Veterinary Journal*. 2016; 215: 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.06.003>
9. Scase T.J. et al. Canine Mast Cell Tumors: Correlation of Apoptosis and Proliferation Markers with Prognosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2006; 20(1): 151–158. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb02835.x>

REFERENCES

1. Vail D.M., Thamm D.H., Liptak J.M. Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology. 6th Edition. Saunders. 2019; 864. ISBN 9780323594967
2. Teske E., Naan E.C., van Dijk E.M., Van Garderen E., Schalken J.A. Canine prostate carcinoma: epidemiological evidence of an increased risk in castrated dogs. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2002; 197(1–2): 251–255. [https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(02\)00261-7](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(02)00261-7)
3. Ramos-Vara J.A., Borst L.B. Immunohistochemistry: Fundamentals and Applications in Oncology. Meuten D.J. (ed.). Tumors in Domestic Animals. 5th Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 44–87.
4. Kiupel M. Mast Cell Tumors. Meuten D.J. (ed.). Tumors in Domestic Animals. 5th Edition. Wiley-Blackwell. 2017; 176–202.
5. Kiupel M. et al. Proposal of a 2-Tier Histologic Grading System for Canine Cutaneous Mast Cell Tumors to More Accurately Predict Biological Behavior. *Veterinary Pathology*. 2010; 48(1): 147–155. <https://doi.org/10.1177/0300985810386469>
6. London C.A., Seguin B. Mast cell tumors in the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2003; 33(3): 473–489. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(03\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(03)00003-2)
7. Tamlin V.S., Bottema C.D.K., Peaston A.E. Comparative aspects of mast cell neoplasia in animals and the role of KIT in prognosis and treatment. *Veterinary Medicine and Science*. 2020; 6(1): 3–18. <https://doi.org/10.1002/vms3.201>
8. Sledge D.G., Webster J., Kiupel M. Canine cutaneous mast cell tumors: A combined clinical and pathologic approach to diagnosis, prognosis, and treatment selection. *The Veterinary Journal*. 2016; 215: 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.06.003>
9. Scase T.J. et al. Canine Mast Cell Tumors: Correlation of Apoptosis and Proliferation Markers with Prognosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2006; 20(1): 151–158. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb02835.x>

10. Меликова Ю.Н. Определение границ резекции в зависимости от морфологической степени дифференцировки мастоцитом у собак и кошек. *Ветеринарная хирургия: от истока к современности. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора, доктора ветеринарных наук Г.С. Мастыко*. Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины. 2022; 122–125.
<https://www.elibrary.ru/ffupyr>

11. Меликова Ю.Н. Прогностическая значимость иммуногистохимических маркеров в диагностике спонтанных дермальных мастоцитом у собак. *Ветеринарный врач*. 2023; (6): 10–14.
<https://www.elibrary.ru/kjkcry>

12. Ozaki K., Yamagami T., Nomura K., Narama I. Prognostic Significance of Surgical Margin, Ki-67 and Cyclin D1 Protein Expression in Grade II Canine Cutaneous Mast Cell Tumor. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2007; 69(11): 1117–1121.
<https://doi.org/10.1292/jvms.69.1117>

13. Vidal B.d.C., Mello M.L.S. Toluidine blue staining for cell and tissue biology applications. *Acta Histochemica*. 2019; 121(2): 101–112.
<https://doi.org/10.1016/j.acthis.2018.11.005>

14. Berlato D. *et al.* Value, Limitations, and Recommendations for Grading of Canine Cutaneous Mast Cell Tumors: A Consensus of the Oncology-Pathology Working Group. *Veterinary Pathology*. 2021; 58(5): 858–863.
<https://doi.org/10.1177/03009858211009785>

15. Sabattini S. *et al.* The 2-tier grading system identifies canine cutaneous and/or subcutaneous mast cell tumors with aggressive biological behavior regardless of growth model. *Veterinary Pathology*. 2024; 61(6): 874–881.
<https://doi.org/10.1177/03009858241240443>

10. Melikova Yu.N. Determination of the boundaries of resection depending on the morphological degree of differentiation of mastocytomas in dogs and cats. *Veterinary surgery: from the origins to the present. Proceedings of the International Scientific and Practical conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor, Doctor of Veterinary Sciences G.S. Mastyko*. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. 2022; 122–125 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/ffupyr>

11. Melikova Yu.N. Prognostic value of immunohistochemical markers in the diagnosis of spontaneous dermal mastocytoma in dogs. *Veterinary Vrach*. 2023; (6): 10–14 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/kjkcry>

12. Ozaki K., Yamagami T., Nomura K., Narama I. Prognostic Significance of Surgical Margin, Ki-67 and Cyclin D1 Protein Expression in Grade II Canine Cutaneous Mast Cell Tumor. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2007; 69(11): 1117–1121.
<https://doi.org/10.1292/jvms.69.1117>

13. Vidal B.d.C., Mello M.L.S. Toluidine blue staining for cell and tissue biology applications. *Acta Histochemica*. 2019; 121(2): 101–112.
<https://doi.org/10.1016/j.acthis.2018.11.005>

14. Berlato D. *et al.* Value, Limitations, and Recommendations for Grading of Canine Cutaneous Mast Cell Tumors: A Consensus of the Oncology-Pathology Working Group. *Veterinary Pathology*. 2021; 58(5): 858–863.
<https://doi.org/10.1177/03009858211009785>

15. Sabattini S. *et al.* The 2-tier grading system identifies canine cutaneous and/or subcutaneous mast cell tumors with aggressive biological behavior regardless of growth model. *Veterinary Pathology*. 2024; 61(6): 874–881.
<https://doi.org/10.1177/03009858241240443>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Николаевна Меликова

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
melikovayn@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

Анастасия Вячеславовна Чечнева

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
chchnevaav@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

Людмила Андреевна Верницкая

аспирант кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
vet_pah_vern@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-8281-4320>

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

ABOUT THE AUTHORS

Julia Nikolaevna Melikova

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
melikovayn@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

Anastasia Vyacheslavovna Chechneva

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
chchnevaav@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

Liudmila Andreevna Vernitskaya

Postgraduate Student of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
vet_pah_vern@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-8281-4320>

Russian Biotechnological University,

11 Volokolamskoye highway, Moscow, 125080, Russia



Подпишитесь на Telegram канал ИД «Аграрная наука»



Ежедневно вы будете получать свежие новости АПК и сельского хозяйства, анонсы отраслевых событий, знакомиться с результатами научных исследований, репортажами и интервью.



Оформите подписку на информационные e-mail рассылки



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик будут приходить уведомления о топовых событиях АПК, аналитика, прогнозы, приглашения на выставки и конференции.

Через наши рассылки вы можете познакомиться со своими товарами и услугами потенциальных клиентов.

Связаться с редакцией:
Тел. +7 (495) 777 67 67
(доб. 1453)
agrovetpress@inbox.ru

УДК 619:612.017.1:612.112.9

Научный обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-57-70

Е.А. Колесник¹ ✉М.А. Дерхо²М.Б. Ребезов^{3, 4}¹Государственный университет просвещения, Москва, Россия²Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия⁴Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ evgeniy251082@mail.ru

Поступила в редакцию: 30.08.2024

Одобрена после рецензирования: 10.12.2024

Принята к публикации: 25.12.2024

© Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б.

Review



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-57-70

Evgeniy A. Kolesnik¹ ✉Marina A. Derkho²Maksim B. Rebezov^{3, 4}¹Federal State University of Education, Moscow, Russia²South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia³Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia⁴Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ evgeniy251082@mail.ru

Received by the editorial office: 30.08.2024

Accepted in revised: 10.12.2024

Accepted for publication: 25.12.2024

© Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B.

Лизосомальные катионные белки как основа клеточного и гуморального иммунитета животных: роль нейтрофильных внеклеточных ловушек в иммунном гомеостазе (обзор)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Лизосомальные катионные белки (ЛКБ) гранулоцитарных лейкоцитов (эластаза, катепсин G, протеиназа-3, кальгранулин, кателицидины, дефензины, лактоферрин, протегрины) активны в отношении вирусов, бактерий, грибов, простейших. Отмечаются вопросы физиологических регуляторных, иммунных и патологических воздействий ЛКБ и их производных — нейтрофильных (гетерофильных) внеклеточных ловушек (НВЛ) — на патогены, здоровые клеточные и тканевые структуры организма.

Результаты. Инкреция гранулоцитами ЛКБ реализуется: 1. мерокриновым типом — путем дегрануляции; 2. экзоцитозом и ложной дегрануляцией, то есть процессом декатионизации лизосом, содержащих гранулы катионных протеинов с апокриновым или голокриновым типом секреции. Декатионизация реализует экзоцитоз ЛКБ, экструзию из клетки интактных лизосом с ЛКБ, диффундирование ЛКБ через мембрану лизосом. Реакции дегрануляции лизосом с ЛКБ формируют фаголизосомы и инициируют фагоцитоз, реакции декатионизации лизосом с ЛКБ — обеспечивают формирование и функции НВЛ. НВЛ формируются нелигическим (нелизируемым) и лигическим (лизируемым) путем при септическом и асептическом воспалении, при онтогенетическом развитии звеньев иммунитета. НВЛ стереотипно образуются внутрисосудисто при асептическом воспалении, окислительном стрессе и в физиологическом режиме, при стимуляции гранулоцитов продуктами окислительного метаболизма. На модельном организме птиц (Aves) за счет применения цитохимического теста с высокочувствительным кислотнo-щелочным бромфеноловым синим индикатором изучены субклеточные и клеточные проявления физиологической возрастной иммунной активности катионных протеинов кумулированных в лизосомах гранулоцитов, изучены неспецифические адаптационные реакции (НАР) позвоночных в раннем постнатальном онтогенезе. В основе формирования НАР реализуются взаимосвязи групп лейкоцитов (лимфоцитов, моноцитов и гранулоцитов) с динамикой их лизосомальных катионных белков. Метод расчета уровня активности и потенциальных возможностей гранулоцитов в фагоцитарных реакциях и при формировании НВЛ включает индексы, характеризующие направления и интенсивность иммунных реакций гранулоцитов с учетом процессов: 1. дегрануляции лизосом с ЛКБ — в инициации клеточного фагоцитарного звена; 2. декатионизации лизосом с ЛКБ — в инициации внеклеточных ловушек, участвующих в реализации гуморального звена иммунитета.

Ключевые слова: лизосомальные катионные белки, лизосомы, фаголизосомы, фагосомы, нейтрофильные внеклеточные ловушки, дегрануляция, декатионизация, иммунный ответ, клеточный иммунитет, гуморальный иммунитет, иммунный гомеостаз, морфология крови, гранулоциты, гетерофилы

Для цитирования: Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Лизосомальные катионные белки как основа клеточного и гуморального иммунитета животных: роль нейтрофильных внеклеточных ловушек в иммунном гомеостазе (обзор). *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 57–70. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-57-70>

Lysosomal cationic proteins as the basis of cellular and humoral immunity of animals: the role of neutrophil extracellular traps (NETs) in immune homeostasis (review)

ABSTRACT

Relevance. Lysosomal cationic proteins (LCP) of granulocytic leukocytes: elastase, cathepsin G, proteinase-3, calgranulin, cathelicidins, defensins, lactoferrin, protegrins are active against viruses, bacteria, fungi, protozoa. The issues of physiological regulatory, immune and pathological effects of LCP and their derivatives – neutrophil (heterophil) extracellular traps (NETs) on pathogens, healthy cellular and tissue structures of the body are noted.

Results. The increment of LCP granulocytes is realized by: 1. merocrine type — by degranulation; 2. exocytosis and false degranulation, that is, the process of decationization of lysosomes containing granules of cationic proteins with apocrine or holocrine type of secretion. Decationization implements exocytosis of LCP, extrusion of intact lysosomes from the cell with LCP, and diffusion of LCP through the lysosome membrane. Lysosome degranulation reactions with LCP form phagolysosomes and initiate phagocytosis, lysosome decationization reactions with LCP ensure the formation and functions of NETs. NETs is formed by non-lytic (non-lytic) and lytic (lyzed) pathways in septic and aseptic inflammation, with the ontogenetic development of immune links. NETs is stereotypically formed intravascularly during aseptic inflammation, oxidative stress and in a physiological regime, when granulocytes are stimulated by products of oxidative metabolism. Using a cytochemical test with a highly sensitive acid-base bromophenol blue indicator, subcellular and cellular manifestations of the physiological age-related immune activity of cationic proteins accumulated in granulocyte lysosomes were studied on the avian model organism (Aves), and nonspecific adaptive reactions (NAR) of vertebrates in early postnatal ontogenesis were studied. The basis for the formation of NAR is the relationship of groups of leukocytes (lymphocytes, monocytes and granulocytes) with the dynamics of their lysosomal cationic proteins. The method for calculating the level of activity and potential capabilities of granulocytes in phagocytic reactions and in the formation of NETs includes indices characterizing the directions and intensity of immune reactions of granulocytes, taking into account the processes: 1. degranulation of lysosomes with LCP — in the initiation of the cellular phagocytic link; 2. decationization of lysosomes with LCP — in the initiation of extracellular traps involved in the implementation of the humoral link of immunity.

Key words: lysosomal cationic proteins, lysosomes, phagolysosomes, phagosomes, neutrophil extracellular traps, degranulation, decationization, immune response, cellular immunity, humoral immunity, immune homeostasis, blood morphology, granulocytes, heterophils

For citation: Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Lysosomal cationic proteins as the basis of cellular and humoral immunity of animals: the role of neutrophil extracellular traps (NETs) in immune homeostasis (review). *Agrarian science*. 2025; 390(01): 57–70 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-57-70>

Введение/Introduction

Функциональная роль лизосомального гранулярного аппарата полиморфноядерных лейкоцитов (ПМЯЛ) в действии гуморальных и клеточных звеньев неспецифического иммунного ответа организма описана в работах П. Эрлих [1–3].

В реализации действия ПМЯЛ участвуют лизосомальные катионные белки (ЛКБ), являющиеся биохимическими и цитохимическими маркерами иммунного гомеостаза [4–8]. ЛКБ и их производные выполняют роль внеклеточных ловушек (ВЛ) гранулоцитов периферической крови (эозинофилов, нейтрофилов), участвующих в ингибировании действия многих грамположительных и грамотрицательных бактерий, грибов, вирусов, и одноклеточных паразитов. При этом хроматин внеклеточных ловушек фиксирует патогены, ограничивая тем самым их распространение в организме хозяина, а лизосомальные катионные белки снижают их вирулентность, определяя последующий эффективный фагоцитоз или приводя к их полному уничтожению. В частности, патогенные бактерии фиксируются ВЛ гранулоцитов крови посредством

электростатических взаимодействий между фибриллами хроматина (+) и бактериальными стенками (-) [9].

Механизм инактивации факторов вирулентности микроорганизмов ЛКБ внеклеточных ловушек гранулоцитов реализуется или посредством ферментов, например эластазы (*Leukocyte Elastase*), протеиназы-3 (*Proteinase-3, PR-3*), катепсина G (*Cathepsin G, CathG*), которые расщепляют протеиновые факторы вирулентности *Shigella flexneri*, *Salmonella typhimurium* и *Yersinia enterocolitica* [2, 10–12], или катионных белков, например кальгранулина (*Calgranulin*), проявляющих фунгицидную активность в отношении *Candida albicans* [13], *Aspergillus sp.* [14].

Цель исследования — отражение представлений об иммунных лизосомальных катионных белках гранулоцитов, внеклеточных ловушках с раскрытием цитофизиологических механизмов их функций в гуморальном и клеточном звеньях иммунитета.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научный обзор включает результаты работ отечественных и зарубежных авторов, которые были систематизированы по схеме (рис. 1).

Поиск литературных источников данных проводился с 1971 по 2024 г. в научных электронных библиотеках и поисковых системах, включая eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus, WOS и портал ResearchGate и др.

Методы исследований включают:

- ✓ монографический метод;
- ✓ статистический анализ.

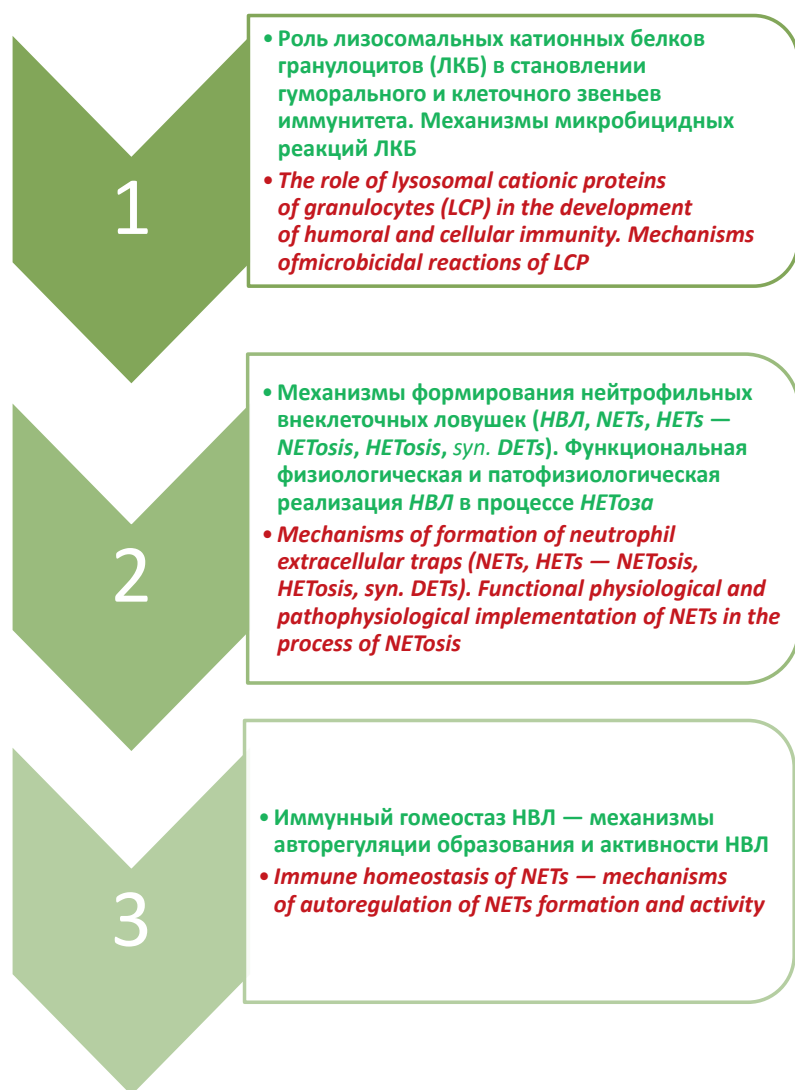
Материалы и методы исследования / Materials and methods

1. Роль лизосомальных катионных белков гранулоцитов (ЛКБ) в становлении гуморального и клеточного звеньев иммунитета. Механизмы микробицидных реакций ЛКБ

ЛКБ ПМЯЛ участвуют в определении функциональной напряженности специфического или приобретенного иммунитета. В частности, в очаге воспаления они активируют макрофаги для продуцирования и высвобождения антигенов (опосредованных цитокинов) и участвуют в опсонизации иммуноглобулинами G патогенных бактерий, определяя превращение их антигенов в химически (хемотаксически) «видимые» макрофагами, что

Рис. 1. Общая схема научного обзора

Fig. 1. General scheme of a scientific review



способствует их последующему фагоцитированию [3], то есть хемоаттракция макрофагов к обработанным антителами (иммуноглобулинами G) патогенным бактериям — это необходимое условие для их фагоцитоза [3].

Кроме этого, ЛКБ ПМЯЛ участвуют в энергетическом обеспечении фагоцитоза нейтрофилов, регулируя активность внутриклеточных протеаз — ГТФаз (*GTPas*), обеспечивающих подготовку митохондрий к синтезу аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) [15].

При непосредственном хеморецепторном контакте ЛКБ ПМЯЛ способны активировать дендритные клетки, происходящие из моноцитов, улучшая тем самым антигенпрезентацию патогенов и способствуя формированию иммунологической памяти [3].

Ключевую регуляторную роль ЛКБ ПМЯЛ играют в реализации механизмов, лежащих в основе превращения моноцитов в макрофаги [16] при участии нейтрофилов и синтезируемых ими факторов, обеспечивая формирование макрофагального звена иммунитета из моноцитов, циркулирующих в кровяном русле [3, 17–19].

Интегративная роль ЛКБ в поддержании иммунного гомеостаза [19, 20] определяется способностью ЛКБ ПМЯЛ контролировать процесс дифференциации миелоидных клеток — предшественников из костного мозга — в моноциты и гранулоциты [21], а ЛКБ гранулоцитов — регулировать дифференцировку моноцитов в макрофаги [3, 18], которые в свою очередь секретируют колониестимулирующие факторы — факторы стимуляции и ингибирования пролиферации гранулоцитов и моноцитов [16, 46].

Установлено, что ЛКБ ПМЯЛ, продуцируемые во внеклеточную среду при экзоцитозе лизосом, способны воздействовать на эндотелий сосудов микроциркуляторного русла [18]. При этом экзоцитоз может осуществляться или путем дегрануляции, то есть растворения мембран лизосом [1, 4, 6–8, 19], или путем декатионизации, то есть перехода ЛКБ чрез мембрану лизосом при сохранении ее целостности, например, у гранулоцитов [4; 22, с. 36, с. 37, с. 39], или в смешанном виде. При этом стимулированный ЛКБ ПМЯЛ эндотелиальный слой сосудов в ответ продуцирует цитокины (интерлейкины, *IL*), ведущие из которых *IL-1*, *IL-6*, *IL-8* и хемокины. Они в совокупном воздействии вызывают хемоаттракцию моноцитов из кровяного русла в очаг воспаления [18].

В то же время функциональные свойства ЛКБ, источником которых являются нейтрофилы, во внеклеточном пространстве внутренней среды еще мало изучены [21]. Хотя установлено, что из гранулоцитарных ПМЯЛ нейтрофилы (гетерофилы у птиц) первыми мигрируют из микроциркуляторного русла в очаг воспаления и только потом лимфоциты и моноциты, активизируются фиксированные тканевые макрофаги, тучные клетки, эозинофилы и базофилы [17].

Экстравазация (миграция) ПМЯЛ из сосудов микроциркуляторного русла в очаг воспаления происходит по механизму хемотаксиса за счет проявления действия хемоаттрактантов патогенных микроорганизмов и медиаторов воспаления [15, 21].

Впервые обнаруженные в лизосомах нейтрофилов жвачных животных (*Ruminantia*) ЛКБ кателицидины (*Cathelicidins*) проявляют существенные микробицидные свойства при формировании неспецифического иммунитета [2], что позволяет их отнести к семейству бактерицидных ЛКБ ПМЯЛ наравне с дефензинами (*Defensins*). Кателицидины способны оказывать токсическое воздействие на эукариотические клетки [2], а на опухолевые — цитотоксическое [23].

Как отмечают [17], ЛКБ ПМЯЛ — дефензины, кателицидины, лактоферрин (*Lactoferrin*, *LF*, *syn. Lactotransferrin*, *LTF*), а также протегрины (*Protegrins*, *PGs*), впервые обнаруженные в лизосомах нейтрофилов свиньи (*Suidae*), являются перспективными моделями для разработки, синтеза и клинических испытаний новых антибактериальных и фунгицидных пептидных фармацевтических препаратов.

Микробицидное действие ЛКБ определяется:

1. Изменением состояния мембранных структур у бактерий или разрушением биологически значимых молекул:

- ЛКБ дефензины (*syn. дефенсины*) гранулоцитов во внеклеточном пространстве и в ходе фагоцитарных реакций нарушают целостность бактериальных мембран, делая их более доступными для цитотоксических веществ в процессе фагоцитоза [24];

- ЛКБ ПМЯЛ, взаимодействуя за счет электростатических сил с отрицательно заряженными молекулами в мембранных структурах бактерий, изменяют их свойства и конформацию, изменяя проницаемость и нарушая целостность [9];

- ЛКБ в фагосомах ПМЯЛ оказывают кислородопосредованное микробицидное действие, основанное на разрушении пептидных связей в дыхательных белках (цитохромах) бактериальных клеток за счет протекания катионно-анионных реакций [25, 26];

- ЛКБ в процессе фагоцитоза анаэробных бактерий реализуют антимикробное действие за счет смещения pH среды в фаголизосомах ПМЯЛ в кислую сторону, что приводит к росту концентрации хлорноватистой, молочной и других лизирующих бактерии кислот [22].

2. Способностью ЛКБ выполнять свойства медиаторов (посредников) и модуляторов (регуляторов) воспалительного процесса. Так, ЛКБ, продуцируемые ПМЯЛ, повышают проницаемость сосудов микроциркуляторного русла, активируют тучные клетки, инициируя высвобождение из их везикул гистамина, гепарина, простагландинов и интерлейкинов [2, 19, 27, 28], что связано с действием катионного протеина лизосом

нейтрофилов — эластазы [27, 28]. Кроме этого, тучные клетки продуцируют иммунные хемотаксические факторы, активирующие нейтрофилы, эозинофилы и базофилы, что служит проявлением гуморально-клеточной авторегуляции [16].

Нейтрофилы, в которых происходят дифференцировка и активация ядра, реструктуризация хроматина, синтезируют про- и противовоспалительные интерлейкины, колониестимулирующие факторы роста [3, 18, 19].

Лизосомы гранулоцитов при электронной микроскопии имеют малококонтрастные контуры, что обусловлено особенностями физико-химических свойств их молекул и мембран [16, 29], поэтому для их идентификации используют различные способы окраски.

При окраске лейкоцитов красителями, использующимися в гематологии для подсчета лейкоформулы, лизосомы, содержащие катионные белки у нейтрофилов, гетерофилов и эозинофилов, практически не выявляются. В то же время цитохимический метод окраски гранулярных лейкоцитов (по М.Г. Шубичу [30–33]) кислотно-основным индикаторным бромфеноловым синим красителем (тетрабромфенолсульфоталеин) позволяет при оптической микроскопии идентифицировать четко различимые очертания лизосом, содержащих весь пул катионных белков, и диагностировать морфофизиологию их органоидов.

Бромфеноловый синий индикатор с широким цветовым спектром — от желтого ($pH > 3$) до бирюзового и насыщенно-синего (pH от 4–8 ед. и выше) [34–37] — позволяет выявлять самые чувствительные особенности в концентрации, физиологическом состоянии и метаболизме катионных белков в ПМЯЛ [33].

Описаны азурофильные лизосомальные гранулы с катионными белками (ЛГКБ), выявляющиеся на стадии промиелоцита, и специфические (псевдотворичные) ЛГКБ — на стадии миелоцита. Они являются истинно первичными, так как образуются в мембранах пластинчатого комплекса (ретикулума) аппарата Гольджи [4, 29]. При этом истинно вторичными гранулами с ЛКБ в ПМЯЛ являются только фаголизосомы (фагосомы), в связи с тем что они образуются путем эндоцитоза и пиноцитоза, то есть дегрануляции (слияния) первичных азурофильных и специфических ЛГКБ [4, 29].

По составу азурофильные и специфические (псевдотворичные) группы лизосом различаются в основном содержанием катионных протеиновых ферментов. Однако и в тех и других присутствуют неферментные катионные белки [2, 3, 17, 18, 29, 38].

Выделяют разновидности псевдотворичных специфических лизосом, а именно третичные и четвертичные, отличающиеся набором катионных протеиновых ферментов [2, 3, 17, 21].

Секреция нейтрофилами биологически активных веществ, в том числе обладающих иммуномодулирующей и иммуномедиаторной активностью

неферментных и ферментных катионных протеинов, осуществляется:

1. Мерокриновым типом — путем дегрануляции.

2. Экзоцитозом и так называемой ложной дегрануляцией [1], или (по В.Е. Пигаревскому) процессом декатионизации лизосом, содержащих гранулы катионного белка с апокриновым или голокриновым типом секреции [4]. Дегрануляция напрямую характерна для формирования фаголизосом (*syn. фагосомы*) при развитии фагоцитарных реакций. В ходе их образования лизосомы с ЛКБ объединяются путем слияния и растворения собственных мембран с итоговой кумуляцией в фаголизосомах совокупности катионных белков (КБ) (рис. 2) [33]. При декатионизации осуществляется преимущественно экзоцитоз ЛКБ, который начинается с выталкивания из клетки морфологически не измененных лизосом с гранулами КБ наружу, то есть во внеклеточное пространство (из: [4, по: N. Taichman (1975), с. 48]). Далее в ходе экзоцитоза ЛКБ перемещаются во внеклеточное пространство через интактные мембраны лизосом. При этом экзоцитоз ЛКБ реализуется апокриновым путем с сохранением структуры гранулоцита или с дальнейшей полной реструктуризацией клетки при голокриновом типе секреции [1, 4] (рис. 2).

Аналогичные результаты В.Е. Пигаревский получил по нейтрофилам (*equivalent* гетерофилам) кроликов, изучая экспериментальное асептическое воспаление [4].

Декатионизация лизосом с ЛКБ у гранулоцитов служит триггером для формирования нейтрофильных (*equivalent* гетерофильных) внеклеточных ловушек (НВЛ, *neutrophil extracellular traps — NETs, heterophil extracellular traps — HETs, syn. DNA — Deoxyribonucleic acid extracellular traps, DETs*) в ходе *NETs, HETs, DETs* — опосредованной запрограммированной смерти гранулоцитов (*NETosis, NETosis, HETosis*) [8, 19, 20, 39, 40].

НВЛ являются морфофизиологическими структурами из вышедших в плазму лизосом с активными катионными белками и другими биополимерами — хроматином, белками — гистонами и митохондриальной ДНК, которые обеспечивают гуморальное звено регуляторных и посреднических функций ПМЯЛ в формировании неспецифического иммунного ответа, участии в активации специфического звена иммунитета в организме животных [8, 19, 20].

Было подтверждено, что высвобождение одних из основных катионных белков — нейтрофильной эластазы и катепсина G — из первичных гранул при формировании НВЛ возникает без лизиса мембраны гранул [26].

Ранее В.Е. Пигаревский показал, что декатионизация лизосом с ЛКБ происходит с сохранением целостности их мембраны при асептическом воспалении у кроликов [4]. Это обусловлено воздействием ядерных белков — гистонов, увеличивающих проницаемость лизосомальной мембраны для

ЛКБ, сохраняя, таким образом, целостность самих лизосом при их декатионизации [4].

Катионные белки при декатионизации лизосом с ЛКБ способны активно проникать через целостную клеточную мембрану во внеклеточное пространство. При экспериментальной инициации декатионизации была установлена способность лизосом с гранулами КБ к агрегации, проявляющейся морфофизиологически, и «краевому стоянию» у границ клеточной мембраны гранулоцитов [4] (рис. 2).

Субклеточные и клеточные реакции гранулоцитов, ассоциированные с ЛКБ, реализуются в ходе онтогенетического становления механизмов резистентности регуляторных, то есть адаптивных, систем гомеостаза.

У птиц функцию иммунных нейтрофильных ловушек выполняют «гетерофильные внеклеточные ловушки» *chicken heterophil extracellular traps*, синоним *Deoxyribonucleic Acid mediated Extracellular Traps (HETs, DETs)* [5–8, 33, 39–41], из вышедших в

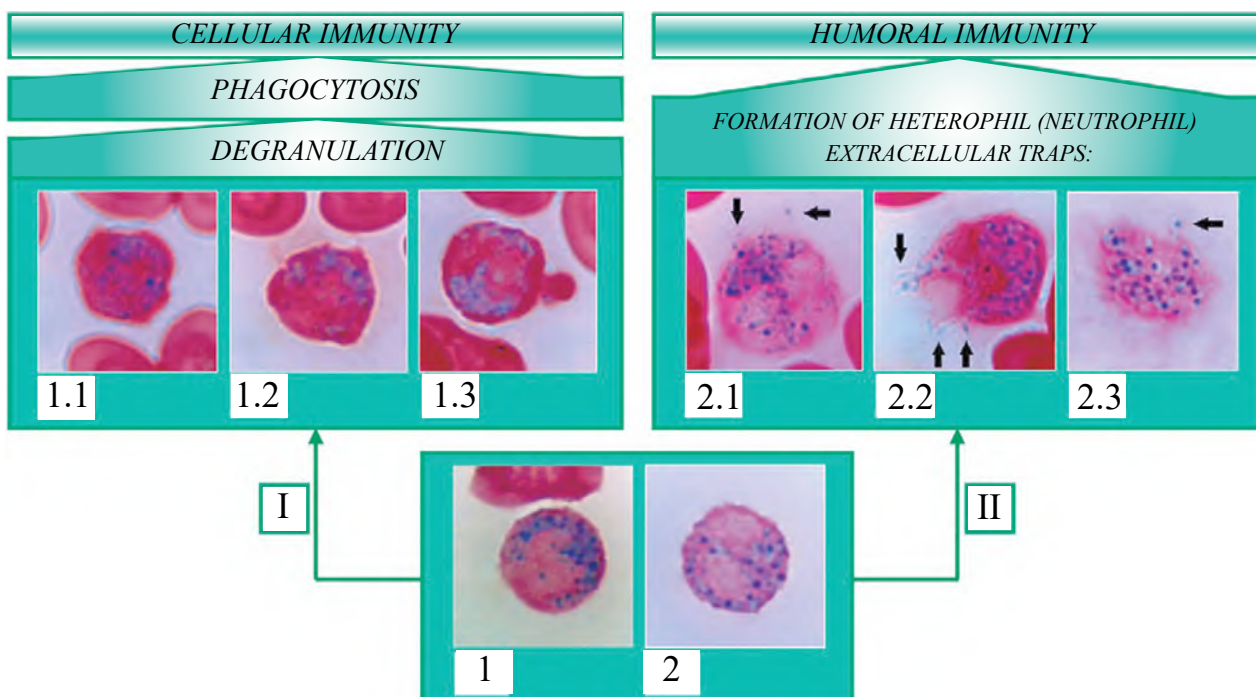
плазму крови лизосом с иммунными катионными белками и структур клеточного ядра (рис. 2).

По результатам морфофизиологических и цитохимических исследований неспецифических адаптационных реакций (НАР) позвоночных (*Vertebrata*) на модельном организме птиц (*Aves*) в раннем постэмбриональном онтогенезе в основе формирования НАР были установлены взаимосвязи групп лейкоцитов периферической крови — лимфоцитов, моноцитов с динамикой гранулоцитов и их лизосомальных катионных белков [33, 42].

При изучении субклеточных и клеточных проявлений физиологической возрастной иммунной активности катионных протеинов, кумулированных в лизосомах гранулоцитов птиц [33, 41], был предложен метод расчета уровня активности и потенциальных возможностей лейкоцитарных клеток в фагоцитарных реакциях и при формировании внеклеточных ловушек [33, 41]; разработаны комплексные индексы, характеризующие

Рис. 2. Схема, отражающая участие лизосомальных катионных белков (ЛКБ) полиморфноядерных лейкоцитов (ПМЯЛ) периферической крови у птиц в реализации клеточного и гуморального звеньев иммунного гомеостаза: 1, 2 — гранулы синего цвета стабильных катионных белков в лизосомах ПМЯЛ (цитохимическая реакция с бромфеноловым синим и основным фуксином на лизосомальные катионные белки по М.Г. Шубичу) со структурной предрасположенностью к: дегрануляции (1), декатионизации (2); I — переход к стадиям дегрануляции лизосом с ЛКБ в ПМЯЛ; 1.1, 1.2, 1.3 — слияние лизосом, содержащих ЛКБ, и их дегрануляция у ПМЯЛ в процессе фагоцитоза, обеспечивающего клеточный иммунитет; II — переход к стадиям декатионизации лизосом с ЛКБ в ПМЯЛ; 2.1, 2.2, 2.3 — завершение жизни ПМЯЛ путем реструктуризации плазмолеммы и ядра с выведением во внеклеточное пространство хроматина и лизосом с ЛКБ (показаны стрелками) в ходе образования гетерофильных (нейтрофильных) внеклеточных ловушек (*HETs* — *HETosis*, *NETs* — *NETosis*, syn. *DETs*); гетерофильные (нейтрофильные) внеклеточные ловушки формируются нелитическим типом *HETosis* без тотальной реструктуризации и лизиса плазмолеммы (2.1, 2.2) и литическим типом *HETosis* с ремоделированием цитоскелета, тотальной реструктуризацией и лизисом плазмолеммы (2.3), обеспечивающих гуморальный иммунитет

Fig. 2. Scheme reflecting the participation of lysosomal cationic proteins (LCP) of polymorphonuclear leukocytes (PMNs) of peripheral blood in birds in the implementation of cellular and humoral links of immune homeostasis: 1, 2 — blue granules of stable cationic proteins in PMNs lysosomes (cytochemical reaction with bromophenol blue and basic fuchsin for lysosomal cationic proteins according to M.G. Shubich) with a structural predisposition to: degranulation (1); decationization (2); I — transition to the stages of degranulation of lysosomes with LCP in PMNs; 1.1, 1.2, 1.3 — fusion of lysosomes containing LCP and their degranulation in PMNs during phagocytosis, providing cellular immunity; II — transition to the stages of decationization of lysosomes with LCP in PMNs; 2.1, 2.2, 2.3 — termination of PMNs life by restructuring of the plasma membrane and nucleus with the release into the extracellular space of chromatin and lysosomes with LCP (shown by arrows) during the formation of heterophil (neutrophil) extracellular traps (*HETs* — *HETosis*, *NETs* — *NETosis*, syn. *DETs*); heterophil (neutrophil) extracellular traps are formed by the non-lytic type of *HETosis*, without total restructuring and lysis of the plasma membrane (2.1, 2.2) and the lytic type of *HETosis*, with remodeling of the cytoskeleton, total restructuring and lysis of the plasma membrane (2.3), providing humoral immunity



направления и интенсивность иммунных реакций гранулоцитов посредством учета процессов:

1. Дегрануляции ЛКБ — в инициации клеточного фагоцитарного звена.

2. Декатионизации ЛКБ, обуславливающих совокупность гуморального, в том числе опосредованного внеклеточными ловушками звена, иммунитета [33, 41, 43].

Нейтрофильные (гетерофильные) внеклеточные ловушки представляют собой субклеточную и молекулярную сеть со структурной и функциональной основой из ядерного хроматина, гистонов и митохондриальной ДНК. Ведущей иммунной основой ловушек служат свободные, выведенные из лизосом путем декатионизации и кумулированные в лизосомальных гранулах — ЛКБ [4, 9, 25, 26, 28, 30, 33, 41, 43]. Данные внеклеточные ЛКБ-ловушки способны образовываться как в кровяном русле, так и в межклеточной жидкости в очаге воспаления и выполняют роль внеклеточного захвата болезнетворных микроорганизмов с микробицидными, сигнально-иммунными реакциями, регуляции — формирования и активности звеньев иммунитета, аутоиммунных реакций и тромбообразования [4, 5, 7, 9, 25, 26, 28, 30, 33, 41, 43].

2. Механизмы формирования нейтрофильных внеклеточных ловушек (НВЛ, NETs, HETs — NETosis, HETosis, *syn.* DETs). Функциональная физиологическая и патофизиологическая реализация НВЛ в процессе НЕТоза

Процесс образования внеклеточных ловушек (ВЛ) является одним из типов запрограммированного развития, характерного для нейтрофильных (NETs) — NETosis и эозинофильных гранулоцитов [8, 25, 44], нередко с завершением жизненного цикла данных лейкоцитов, наряду с такими формами клеточной дегенерации, как апоптоз и некроз [7, 25, 26, 43, 45].

НВЛ формируются в регуляторной конкуренции с балансом между направлениями к апоптозу [7, 46], некрозу в зависимости от асептического или септического генеза NETs [7].

Однако, в отличие от апоптоза и некроза, НВЛ изначально являются иммуноассоциированными структурами гуморального звена с сопричастием к клеточному звену иммунитета, в том числе к фагоцитозу [1, 2, 4, 8, 9, 25, 26, 33, 45].

Дискуссионным является ведущее направление иммунных реакций при воспалении в сторону развития НВЛ или фагоцитоза [25, 47]. Размер патогена предложен в качестве ключевого определяющего фактора: когда возбудитель слишком велик, чтобы его можно было поглотить, гранулоциты могут образовывать внеклеточные ловушки [25, 47]. Тем не менее внеклеточные и внутриклеточные паразиты, включая вирусы, могут вызывать NETosis [48]. *Candida albicans* может вызывать NETosis после ее фагоцитирования [26].

Формирование НВЛ — это энергетически и энзимозависимый процесс, происходящий поэтапно

на молекулярном, субклеточном, клеточном уровнях с итоговой функциональной конструкцией во внеклеточном или внутриклеточном пространстве [7, 11, 12, 15, 25, 26, 33, 39, 41].

События формирования ловушек обусловлены реструктуризацией (декомпозицией), то есть разборкой и ремоделированием цитоскелета, гранулярного аппарата, митохондрий, плазмолеммы, матрикса (стромы) ядра и кариолеммы, деконденсацией ядерного хроматина гранулоцитов [25, 26, 33, 41].

Гранулоцитарные ловушки формируются 1) нелиитическим (нелизируемым) и 2) литическим (лизлируемым) путями (рис. 2) [25, 33, 41] при септическом и асептическом (*syn.* — стерильном) воспалении (рис. 2), при онтогенетическом развитии звеньев иммунитета [1, 4, 9, 33, 41].

НВЛ стереотипно способны образовываться внутрисосудисто при асептическом воспалении [25], например NETs и HETs под воздействием активных форм кислорода (АФК) при оксидативном стрессе полиэтиологичной природы [25, 26], а также в физиологическом режиме (рис. 2) [25, 33, 41], при стимуляции гранулоцитов продуктами окислительного метаболизма [4, 33, 39, 41].

Экспериментально показан пример нелиитического септического НЕТоза, при котором плазмолемма нейтрофилов в целом оставалась интактной, а гранулоциты сохранили свою активность [49]. В этом случае стимулирование нейтрофилов от 5 до 60 мин. *Staphylococcus aureus* вызывало при точечной деструкции плазмолеммы вывод из клеток деконденсированного хроматина и лизосом с бактерицидными катионными белками, которые формировали ловушки во внеклеточном пространстве [49].

В случае нелиитического НЕТоза деконденсированный хроматин после деструкции цитоплазматической мембраны выводится во внеклеточное пространство, образуя «паутинный» сетевой каркас ловушек, в который встраиваются выведенные из клетки гранулы (лизосомы) с катионными белками (рис. 2). Во втором литическом варианте [25, 33, 41] деконденсируемый хроматин внутриклеточно образует сеть с гранулами с катионными белками с одновременным процессом лизисной деструкции плазмолеммы (рис. 2).

Морфодинамика НВЛ практически на всех этапах зависит от включения в данный процесс ионов кальция (Ca^{2+}), депонированного в эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР), который необходим для активации ферментного аппарата гранулоцитов. При этом в самих механизмах построения ловушек реализуются реакции и молекулярно-субклеточные конструкции, обеспечивающие авторегуляцию образования и активности компонентов НВЛ.

Развитие специальных гранулоцитов в направлении НВЛ инициируется взаимодействием факторов НВЛ со специализированными рецепторами плазмолеммы или внутриклеточными органоидами гранулоцитов. Факторами НВЛ

служат: 1) молекулярные структуры вирулентности патогенных микроорганизмов, в частности поверхностные рецепторы клеточных стенок бактерий, грибов, капсидов вирусов, метаболиты — липополисахариды (*Lipopolysaccharides*, *LPS*); 2) физиологические и патофизиологические метаболиты — активные формы кислорода (АФК), диэфир форбола (*Phorbol-12-Myristate-13-Acetate*, *PMA*), медиаторы воспаления — провоспалительный *IL-8* [50, 51], гистамин, простагландины [9, 11, 25, 26].

Микотоксин фумонизин *B1* (*Fumonisin B1*, *FB1*) [5, 7] и цитринин (*Citrinin*, *CTN*) — вторичный метаболит грибов рода *Aspergillus*, *Penicillium* и *Monascus* [6] — индуцируют НВЛ у гетерофилов птиц посредством активации гетерофильной пептидил аргинин дезаминазы типа 4, обеспечивающий морфобиохимическую перестройку гетерофилов при образовании НВЛ. *FB1* [5, 7] и *CTN* [6] стимулируют синтез активных форм кислорода и активируют $P2 \times 1$ рецептор запуска образования НВЛ гетерофилами в организме птиц.

Конидии *Aspergillus fumigatus* и *in vitro* экстрагированный из *Aspergillus fumigatus* пептидогалактоманнан (галактоманнан, *peptidogalactomannan*, *PGM*) [8] индуцируют НВЛ гетерофилами у птиц посредством запуска в гранулоцитах синтеза активных форм кислорода, активации катионного белка — эластазы и энзима пептидил аргинин дезаминазы типа 4.

Для запуска развития внеклеточных ловушек служат рецепторы плазмолеммы гранулоцитов: с лигандами *G*-белков (*GPCRs*) [51, 52], рецептор фактора некроза опухоли (*TNF*) [53], *Fcγ*-рецепторы [52], *TLR4*-рецептор (толл-подобный рецептор — 4, *CD284*), рецепторы комплемента, гетеродимерные рецепторы с компонентом интегрин $\beta 2$ [54]. Данное рецепторное взаимодействие вызывает активизацию кальциевого пула ЭПР гранулоцитов для включения кальцийзависимых ферментов на каждом этапе развития ловушек.

Эвакуация кальция из ЭПР возможна при непосредственном нереперторном воздействии на гранулоциты бактериальных токсинов, таких как иономицин [55], нигерицин [56], а также активных форм кислорода (АФК) [57]. Выработка АФК, необходимых для задействования кальциевого пула ЭПР при формировании НВЛ, обеспечивается митохондриями и НАДФН-оксидазой (*NADPH-oxidases*, *NOXs*) [26].

Реструктуризация ядра гранулоцита при НЕТозе обеспечивается деконденсацией (декомпактизацией) хроматина с упразднением его гетерогенности и декомпозицией нуклеарной ламинарной сети матрикса (стромы). Десегрегация хроматина на эухроматин и гетерохроматин происходит вследствие его деконденсации комплексом энзимов, в том числе из азурофильных первичных гранул [57].

Деконденсация хроматина (и прежде всего его гетерохроматиновой фракции) осуществляется путем модификации и расщепления гистонов *H1*,

H2A, *H2B*, *H3* и *H4*-ферментами — пептидил аргинин дезаминазой типа 4 (*Peptidyl Arginine Deiminase 4*, *PAD4*), протеолитической нейтрофильной эластазой (*Neutrophil Elastase*, *NE*) и цистеиновой протеазой — кальпаином (*Calpain*) [25, 26, 43].

Активируемая внутриклеточными ионами кальция *PAD4* осуществляет дезаминирование аргининовых остатков в цитруллиновые в трех из четырех коровых гистонах.

Цитруллинирование гистонов приводит к уменьшению электростатического взаимодействия между гистонами и ДНК [55, 58]. Индуцированное *PAD4*-снижение положительного заряда гистонов уменьшает их сродство к отрицательно заряженной ДНК, в результате чего происходит диссоциация связей гистонов с ДНК, приводя к потере компактной структуры хроматина и его деконденсации [55]. Для внеклеточного выведения деконденсированной ДНК при формировании ловушек нуклеиновая кислота эвакуируется из ядра, в связи с этим происходит опосредованное кальцийзависимой протеинкиназой *C* (*Protein Kinase C*, *PKC*) фосфорилирование ламинных структур в основе каркаса ядерной стромы [59]. Дегенерацию ламинарной сети стромы ядра вызывают *PAD4* и иономицин [26]. Деструкция кариолеммы происходит вследствие воздействия на нее продуктов расщепления цитозольного белка — гасдермина *D* (*Gasdermin D*), которые под действием ферментов каспаз (*Caspases*) усиливают проницаемость ядерной мембраны вплоть до ее разрыва [60–62].

Тотальная декомпозиция структур ядра гранулоцита при НЕТозе реализуется сопряженно с реструктуризацией цитоскелета [25, 26, 43, 63].

В принципе интактная и патологическая адаптация формы клеток и логистика мембранных органелл, включая аппарат Гольджи, митохондрии и ядерную оболочку к потребностям жизнедеятельности клеток для модуляции структуры, динамики и субклеточного расположения органелл, в том числе в ходе НЕТоза, реализуется прежде всего за счет интермедиативных (вставочных, промежуточных) филаментов (нитей) цитоскелетного белка — виментина [63]. При этом функционально взаимосвязанные моторные белки (динеины и кинезин-1) обеспечивают локомоцию филаментов виментина по тубулиновым микротрубочкам в реакциях перестройки цитоскелета в физиологических и патофизиологических процессах на субклеточном и клеточном уровнях [26, 43, 63]. Эпигенетическая координация субклеточного трафика органоидов и их отдельных компонентов обеспечивается комплектом динамичного цитоскелета — филаментами актина, виментина с белками динеином, кинезином-1 и тубулиновыми микротрубочками [59, 63].

Так, три цитоскелетные системы клетки образуют плотную взаимосвязанную сеть, которая обеспечивает и сохраняет физическую целостность клетки: 1. жесткая сеть микротрубочек регулирует

транспортировку и распределение мембранных органелл по всей клетке; 2. динамический актиновый цитоскелет составляет корсет плазматической мембраны, устанавливает натяжение и вызывает изменения формы клеток; 3. густая сеть промежуточных нитей виментина позволяет клеткам противостоять большим деформациям [25, 26, 43, 63].

Наиболее выраженное remodelирование цитоскелета осуществляется при литическом НЕТозе путем реструктуризации тубулиновых цепочек микротрубочек, промежуточных виментиновых и актиновых филаментов [63, 64]. Тубулин и виментин перестраиваются кальцийзависимым цитруллинированием, протеолитическим расщеплением протеазами и фосфорилированием киназами (*Kinases, Protein Kinases*) [64].

Сеть кортикальных актиновых филаментов действует как финальное биофизическое препятствие разрыву плазмолеммы и высвобождению ДНК и гранул с ЛКБ во внеклеточное пространство при НЕТозе [26].

Актиновые филаменты деполимеризуются под действием РМА, иономицина и *LPS* [62, 64] и окисляются АФК с предотвращением вторичной полимеризации за счет действия собственных гранулоцитарных плазменных белков *CasL MICAL* [65] и бактериального ионофора кальция [66]. При этом белки *CasL MICAL* активируются АФК [67].

При нелитическом типе НЕТоза экструзия внеклеточной ДНК происходит локально в участках разрыва плазматической мембраны [26, 64]. Один из механизмов деструкции плазмолеммы при НЕТозе является биофизическим и вызывается воздействием внутриклеточного давления де-конденсированного хроматина вследствие его реструктуризации [26, 64]. По данным [64], оценка давления на плазмолемму, создаваемая полностью раскрытой геномной ДНК, составляет 100–200 Па, в конце НЕТоза давление сохраняется до 20 Па. Поэтому набухание хроматина может механически разрывать плазматическую мембрану [64].

Однако временной интервал итоговой деструкции плазмолеммы с выводом всех компонентов НВЛ зависит от иммунных резервов организма животного, уровня и направления (заразного, аутоиммунного) их активации, при септическом воспалении, от патогенности, вирулентности микроорганизмов и составляет несколько минут или часов после лавинного или постепенного увеличения ее проницаемости [25, 26, 43, 64].

Так, некоторые штаммы бактерий способны ослаблять и подавлять развитие НЕТоза различными путями, в том числе через связывание с собственными рецепторами плазмолеммы гранулоцитов, которые регулируют их активацию. В частности, стрептококки группы А (*GAS*) и стрептококки группы В (*GBS*) применяют молекулы, маскирующие под сиаловые кислоты, которые являются адекватными сигналами для рецепторов гранулоцитов типа *Siglec* и так подавляют синтез АФК, необходимых для НЕТоза [68, 69]. Со схожим механизмом

могут действовать *Pseudomonas aeruginosa*, подавляя НЕТоз посредством связывания с регуляторным рецептором гранулоцитов «Сиглек-9» (*Siglec-9*) путем покрытия себя сиалилированными гликопротеинами хозяина-носителя [70].

Бактериальные эндонуклеазы, продуцируемые *Streptococcus pneumoniae* [71] и *Neisseria gonorrhoeae*, способны разрушать НВЛ [72]. Бактериальные капсулы способны ограничивать захват вегетативных форм *Streptococcus pneumoniae* сетью НВЛ [73].

Известна роль ЛКБ ПМЯЛ как в развитии общего воспалительного процесса, так и в патогенезе ряда болезней неинфекционной природы с поражением сосудов микроциркуляторного русла, таких как атеросклероз, ишемия, ревматоидный артрит, патологии легких, в том числе астмы [3, 21].

Провоцирующую роль НЕТоза отмечают в остром респираторном дистресс-синдроме взрослых (*Acute Respiratory Distress Syndrome*), остром повреждении легких (*Acute Lung Injury*), кистозном фиброзе (*Cystic Fibrosis*) [74]. Значима роль ПМЯЛ и их производных НВЛ в патогенезе аутоиммунных болезней, обусловленных альтерацией клеток вследствие аутогенного иммунного ответа на антигены организма [74]. В связи с этим подчеркивается актуальность изучения функций ПМЯЛ в организме [17].

НВЛ за счет протеолитического действия эластазы [75, 76], ДНКазы (*DNase-1*) [77] и цитотоксичности свободных гистонов [76, 78] и дефензинов [79] способны нарушать целостность плазмолеммы здоровых эпителиоцитов, эндотелиальных клеток и гепатоцитов.

Стартовые роли гранулоцитов и их НВЛ в продукции медиаторов воспалительных, аутоиммунных реакций служат основой пролонгации клеточного, гуморального иммунитета [1–4, 9, 11, 33, 41–43, 45, 80] и регуляции тромбообразования в физиологических и патофизиологических процессах. Так, в физиологическом ключе при развитии защитных воспалительных реакций ЛКБ ПМЯЛ оказывают существенное антикоагулянтное воздействие за счет ингибирования тромбопластина — фактора свертывания крови [81] — путем блокирования функции некоторых структурных фосфолипидов тромбоцитов, имеющих отрицательный заряд молекулы, в основном таких, как кефалины (*Cephalins, Kephalsins*) [81]. Подчеркнем, антикоагулянтное действие ЛКБ обеспечивает необходимое реологическое состояние микроциркуляторных участков внутренней среды в развитии защитного воспалительного процесса.

Однако НВЛ могут способствовать развитию вазоокклюзии за счет роли нейтрофилов в тромбозе. При тромбозе в локусах адгезии нейтрофилы продуцируют НВЛ, служащие вместе с фибрином функциональной стромой образующегося тромба. Эффект НВЛ в активизации тромбоза заключается в том, что адсорбированные на внутрисосудистых фибриллах хроматина ЛКБ — сериновые протеазы

эластазы и катепсин G — деградируют ингибиторы коагуляции крови [82]. НВЛ способны рецепторно (внутрисосудисто) стимулировать высвобождение из эндотелия медиаторов тромбообразования, таких как фактор Виллебранда [83] и Р-селектин [84]. При этом Р-селектин является хемоаттрактором для нейтрофилов в развивающийся очаг воспаления [84]. Гистоны в составе НВЛ внутрисосудисто способны кумулировать фактор Виллебранда и фибрин, таким образом агрегируя тромбоциты и эритроциты при тромбозе [82, 83].

3. Иммунный гомеостаз НВЛ — механизмы авторегуляции образования и активности НВЛ

Реализуемые гранулоцитами внутриклеточные механизмы регуляции активации и ингибирования синтеза АФК, необходимых для образования НВЛ, состоят в следующем:

1. ЛКБ ПМЯЛ (дефензины могут инактивировать НАДФ (оксидазу) и, следовательно, блокировать НАДФ (оксидаз) — зависимую продукцию супероксидных радикалов, таким образом, регулируют иммунный ответ, так как в данном случае супероксидные радикалы направлены на противомикробное действие в фагоцитах [24]. В этом проявляется и защитное действие ЛКБ от чрезмерной продукции свободных радикалов кислорода и, соответственно, от развития патологических последствий оксидативного стресса в организме [24].

2. Каталаза (*Catalase*) и супероксиддисмутаза (*Superoxide Dismutases, SODs*) подавляют синтез АФК [9].

3. Семейство белков *MUNC-13-4* посредством связывания с цитохромом *flavocytochrome b558* регулируют сборку *NADPH oxidase*, обеспечивающей продукцию АФК [85].

Эндонуклеаза — ДНКаз-1 (*DNase-1*) — катализирует деградацию выброшенного из нейтрофилов хроматина и так ограничивает НЕТоз [77, 86].

Выводы/Conclusion

Лизосомальные катионные белки гранулоцитов — это эволюционно раносформированная система врожденного иммунитета, так как ЛКБ функционируют в организме беспозвоночных и позвоночных животных. При этом ЛКБ участвуют в онтогенетическом развитии клеточного и гуморального звена неспецифического и специфического пулов иммунитета.

Биохимическая и биофизическая универсальность микробицидных механизмов ЛКБ и сопричастных с ними субклеточных структур определяет широкий спектр патогенных объектов воздействия, включающих вирусы, бактерии, грибы. Однако неспецифичность воздействия ЛКБ ограничивает напряженность их действия в сравнении со специфическими реакциями приобретенного иммунитета.

Избыточность реакций ЛКБ субклеточной, в том числе нуклеарной, стромы в составе НВЛ способствует побочным последствиям, соотносимым с воздействием на организм аутоиммунного цитокинового шторма.

Внеклеточные гранулоцитарные ловушки — это эффективная система реагирования гранулоцитов на стресс-реакции физиологической и патофизиологической этиологии.

НВЛ обеспечивают реализацию гуморального звена иммунитета за счет тотального микробицидного действия на патогены лизосомальных катионных белков или подготавливают ослабленные лизосомальными катионными белками патогены к последующему фагоцитозу.

Найдены цитофизиологические критерии оценки иммунологических реакций ЛКБ на основе расчета индексов дегрануляции и декатионизации ЛКБ гранулоцитов, позволяющие оценивать вовлеченность и потенциал гранулоцитов в резистентности организма к воздействию стресс-факторов.

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. Бережная Н.М. Нейтрофилы и иммунологический гомеостаз. Киев: *Наукова думка*. 1988; 187. ISBN 5-12-000251-X
2. Borregaard N., Cowland J.B. Granules of the Human Neutrophilic Polymorphonuclear Leukocyte. *Blood*. 1997; 89(10): 3503–3521. <https://doi.org/10.1182/blood.V89.10.3503>
3. Soehnlein O., Weber C., Lindbom L. Neutrophil granule proteins tune monocyte cell function. *Trends in Immunology*. 2009; 30(11): 538–546. <https://doi.org/10.1016/j.it.2009.06.006>
4. Пигаревский В.Е. Зернистые лейкоциты и их свойства. М.: *Медицина*. 1978; 127.
5. Wu Z. et al. Fumonisin B₁ induces chicken heterophil extracellular traps mediated by PAD4 enzyme and P2 × 1 receptor. *Poultry Science*. 2022; 101(1): 101550. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101550>

REFERENCES

1. Berezhnaya N.M. Neutrophils and immunological homeostasis. Kyiv: *Naukova dumka*. 1988; 187 (in Russian). ISBN 5-12-000251-X
2. Borregaard N., Cowland J.B. Granules of the Human Neutrophilic Polymorphonuclear Leukocyte. *Blood*. 1997; 89(10): 3503–3521. <https://doi.org/10.1182/blood.V89.10.3503>
3. Soehnlein O., Weber C., Lindbom L. Neutrophil granule proteins tune monocyte cell function. *Trends in Immunology*. 2009; 30(11): 538–546. <https://doi.org/10.1016/j.it.2009.06.006>
4. Pigarevsky V.E. Granular leukocytes and their properties. Moscow: *Meditsina*. 1978; 127 (in Russian).
5. Wu Z. et al. Fumonisin B₁ induces chicken heterophil extracellular traps mediated by PAD4 enzyme and P2 × 1 receptor. *Poultry Science*. 2022; 101(1): 101550. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101550>

6. Chen Y. *et al.* Citrinin stimulated heterophil extracellular trap formation in chickens. *Molecular Immunology*. 2022; 152: 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2022.09.014>
7. Wu H. *et al.* The release of FB₁-induced heterophil extracellular traps in chicken is dependent on autophagy and glycolysis. *Poultry Science*. 2023; 102(4): 102511. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102511>
8. Lima-Gomes P.d.S. *et al.* Chick heterophils release DNA extracellular traps (DETs) *in vitro* and *in vivo* upon *Aspergillus fumigatus* conidia exposure. *Microbes and Infection*. 2024; 26(3): 105261. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2023.105261>
9. Brinkmann V., Zychlinsky A. Beneficial suicide: why neutrophils die to make NETs. *Nature Reviews Microbiology*. 2007; 5(8): 577–582. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1710>
10. Horwitz M., Benson K.F., Duan Z., Li F.-Q., Person R.E. Hereditary neutropenia: dogs explain human neutrophil elastase mutations. *Trends in Molecular Medicine*. 2004; 10(4): 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2004.02.002>
11. Brinkmann V. *et al.* Neutrophil Extracellular Traps Kill Bacteria. *Science*. 2004; 303(5663): 1532–1535. <https://doi.org/10.1126/science.1092385>
12. Averhoff P., Kolbe M., Zychlinsky A., Weinrauch Y. Single Residue Determines the Specificity of Neutrophil Elastase for *Shigella* Virulence Factors. *Journal of Molecular Biology*. 2008; 377(4): 1053–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2007.12.034>
13. Urban C.F. *et al.* Neutrophil Extracellular Traps Contain Calprotectin, a Cytosolic Protein Complex Involved in Host Defense against *Candida albicans*. *PLoS Pathogens*. 2009; 5(10): e1000639. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000639>
14. Bianchi M., Niemiec M.J., Siler U., Urban C.F., Reichenbach J. Restoration of anti-*Aspergillus* defense by neutrophil extracellular traps in human chronic granulomatous disease after gene therapy is calprotectin-dependent. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2011; 127(5): 1243–1252.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2011.01.021>
15. Chen C.X.-J., Soto I., Guo Y.-L., Liu Y. Control of Secondary Granule Release in Neutrophils by Ral GTPase. *Journal of Biological Chemistry*. 2011; 286(13): 11724–11733. <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.154203>
16. Серов В.В., Шехтер А.Б. Соединительная ткань: функциональная морфология и общая патология. М.: Медицина. 1981; 312.
17. Witko-Sarsat V., Rieu P., Descamps-Latscha B., Lesavre P., Halbwachs-Mecarelli L. Neutrophils: Molecules, Functions and Pathophysiological Aspects. *Laboratory Investigation*. 2000; 80(5): 617–653. <https://doi.org/10.1038/labinvest.3780067>
18. Soehnlein O., Lindbom L., Weber C. Mechanisms underlying neutrophil-mediated monocyte recruitment. *Blood*. 2009; 114(21): 4613–4623. <https://doi.org/10.1182/blood-2009-06-221630>
19. Нестерова И.В., Колесникова Н.В., Чудилова Г.А., Ломтатидзе Л.В., Ковалева С.В., Евлевский А.А. Нейтрофильные гранулоциты: новый взгляд на «старых игроков» на иммунологическом поле. *Иммунология*. 2015; 36(4): 257–265. <https://www.elibrary.ru/umhqkj>
20. Mócsai A. Diverse novel functions of neutrophils in immunity, inflammation, and beyond. *Journal of Experimental Medicine*. 2013; 210(7): 1283–1299. <https://doi.org/10.1084/jem.20122220>
21. Sheshachalam A., Srivastava N., Mitchell T., Lacy P., Eitzen G. Granule protein processing and regulated secretion in neutrophils. *Frontiers in Immunology*. 2014; 5: 448. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00448>
22. Bystrom J., Amin K., Bishop-Bailey D. Analysing the eosinophil cationic protein — a clue to the function of the eosinophil granulocyte. *Respiratory Research*. 2011; 12: 10. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-12-10>
23. Clark R.A., Olsson I., Klebanoff S.J. Cytotoxicity for tumor cells of cationic proteins from human neutrophil granules. *Journal of Cell Biology*. 1976; 70(3): 719–723. <https://doi.org/10.1083/jcb.70.3.719>
24. Tal T., Sharabani M., Aviram I. Cationic proteins of neutrophil azurophilic granules: protein-protein interaction and blockade of NADPH oxidase activation. *Journal of Leukocyte Biology*. 1998; 63(3): 305–311. <https://doi.org/10.1002/jlb.63.3.305>
25. Papayannopoulos V. Neutrophil extracellular traps in immunity and disease. *Nature Reviews Immunology*. 2018; 18(2): 134–147. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.105>
6. Chen Y. *et al.* Citrinin stimulated heterophil extracellular trap formation in chickens. *Molecular Immunology*. 2022; 152: 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2022.09.014>
7. Wu H. *et al.* The release of FB₁-induced heterophil extracellular traps in chicken is dependent on autophagy and glycolysis. *Poultry Science*. 2023; 102(4): 102511. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102511>
8. Lima-Gomes P.d.S. *et al.* Chick heterophils release DNA extracellular traps (DETs) *in vitro* and *in vivo* upon *Aspergillus fumigatus* conidia exposure. *Microbes and Infection*. 2024; 26(3): 105261. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2023.105261>
9. Brinkmann V., Zychlinsky A. Beneficial suicide: why neutrophils die to make NETs. *Nature Reviews Microbiology*. 2007; 5(8): 577–582. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1710>
10. Horwitz M., Benson K.F., Duan Z., Li F.-Q., Person R.E. Hereditary neutropenia: dogs explain human neutrophil elastase mutations. *Trends in Molecular Medicine*. 2004; 10(4): 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2004.02.002>
11. Brinkmann V. *et al.* Neutrophil Extracellular Traps Kill Bacteria. *Science*. 2004; 303(5663): 1532–1535. <https://doi.org/10.1126/science.1092385>
12. Averhoff P., Kolbe M., Zychlinsky A., Weinrauch Y. Single Residue Determines the Specificity of Neutrophil Elastase for *Shigella* Virulence Factors. *Journal of Molecular Biology*. 2008; 377(4): 1053–1066. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2007.12.034>
13. Urban C.F. *et al.* Neutrophil Extracellular Traps Contain Calprotectin, a Cytosolic Protein Complex Involved in Host Defense against *Candida albicans*. *PLoS Pathogens*. 2009; 5(10): e1000639. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000639>
14. Bianchi M., Niemiec M.J., Siler U., Urban C.F., Reichenbach J. Restoration of anti-*Aspergillus* defense by neutrophil extracellular traps in human chronic granulomatous disease after gene therapy is calprotectin-dependent. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2011; 127(5): 1243–1252.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2011.01.021>
15. Chen C.X.-J., Soto I., Guo Y.-L., Liu Y. Control of Secondary Granule Release in Neutrophils by Ral GTPase. *Journal of Biological Chemistry*. 2011; 286(13): 11724–11733. <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.154203>
16. Serov V.V., Shekhter A.B. Connective tissue: functional morphology and general pathology. Moscow: Meditsina. 1981; 312 (in Russian).
17. Witko-Sarsat V., Rieu P., Descamps-Latscha B., Lesavre P., Halbwachs-Mecarelli L. Neutrophils: Molecules, Functions and Pathophysiological Aspects. *Laboratory Investigation*. 2000; 80(5): 617–653. <https://doi.org/10.1038/labinvest.3780067>
18. Soehnlein O., Lindbom L., Weber C. Mechanisms underlying neutrophil-mediated monocyte recruitment. *Blood*. 2009; 114(21): 4613–4623. <https://doi.org/10.1182/blood-2009-06-221630>
19. Nesterova I.V., Kolesnikova N.V., Chudilova G.A., Lomtadidze L.V., Kovaleva S.V., Evglevsky A.A. Neutrophilic granulocytes: a new look at “old players” on the immunological field. *Immunologiya*. 2015; 36(4): 257–265 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/umhqkj>
20. Mócsai A. Diverse novel functions of neutrophils in immunity, inflammation, and beyond. *Journal of Experimental Medicine*. 2013; 210(7): 1283–1299. <https://doi.org/10.1084/jem.20122220>
21. Sheshachalam A., Srivastava N., Mitchell T., Lacy P., Eitzen G. Granule protein processing and regulated secretion in neutrophils. *Frontiers in Immunology*. 2014; 5: 448. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00448>
22. Bystrom J., Amin K., Bishop-Bailey D. Analysing the eosinophil cationic protein — a clue to the function of the eosinophil granulocyte. *Respiratory Research*. 2011; 12: 10. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-12-10>
23. Clark R.A., Olsson I., Klebanoff S.J. Cytotoxicity for tumor cells of cationic proteins from human neutrophil granules. *Journal of Cell Biology*. 1976; 70(3): 719–723. <https://doi.org/10.1083/jcb.70.3.719>
24. Tal T., Sharabani M., Aviram I. Cationic proteins of neutrophil azurophilic granules: protein-protein interaction and blockade of NADPH oxidase activation. *Journal of Leukocyte Biology*. 1998; 63(3): 305–311. <https://doi.org/10.1002/jlb.63.3.305>
25. Papayannopoulos V. Neutrophil extracellular traps in immunity and disease. *Nature Reviews Immunology*. 2018; 18(2): 134–147. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.105>

26. Thiam H.R., Wong S.L., Wagner D.D., Waterman C.M. Cellular Mechanisms of NETosis. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*. 2020; 36: 191–218. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-020520-111016>
27. Cochrane C.G. The participation of cells in the inflammatory injury of tissue. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1975; 64(5): 301–306. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12512255>
28. Ranadive N.S., Cochrane C.G. Mechanism of Histamine Release from Mast Cells by Cationic Protein (Band 2) from Neutrophil Lysosomes. *The Journal of Immunology*. 1971; 106(2): 506–516. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.106.2.506>
29. Нагоев Б.С. Очерки о нейтрофильном гранулоците. Нальчик: Эльбрус. 1986; 142.
30. Шубич М.Г. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего. *Цитология*. 1974; 16(10): 1321–1322. <https://www.elibrary.ru/qbthxd>
31. Нагоев Б.С. Качественные и количественные показатели лизосомального катионного белка лейкоцитов у здоровых людей. *Лабораторное дело*. 1983; (6): 6–9.
32. Дробот Г.П., Забиякин В.А., Степанова А.Е., Смоленцев С.Ю. Динамика цитохимических показателей псевдоэозинофилов крови цесарок. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2017; (1): 42–44. <https://www.elibrary.ru/xtdnvf>
33. Колесник Е.А., Дерхо М.А., Лебедева И.А. Комплексная морфологическая характеристика иммунного лизосомального катионного белка лейкоцитов в раннем онтогенезе бройлерных кур. *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. 2019; 161(3): 440–458. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.440-458>
34. Pourtabrizi M., Shahtahmassebi N., Sharifmoghadam M.R. Bromophenol blue doped in nano-droplet: spectroscopy, nonlinear optical properties and *Staphylococcus aureus* treatment. *Optical and Quantum Electronics*. 2021; 53: 1. <https://doi.org/10.1007/s11082-020-02634-9>
35. Plaza-Garrido M., Salinas-Garcia M.C., Alba-Elena D., Martínez J.C., Camara-Artigas A. Lysozyme crystals dyed with bromophenol blue: where has the dye gone?. *Acta Crystallographica Section D: Structural Biology*. 2020; 76(9): 845–856. <https://doi.org/10.1107/S2059798320008803>
36. Barron A.J., Agrawal S., Lesperance D.N.A., Doucette J., Calle S., Broderick N.A. Microbiome-derived acidity protects against microbial invasion in *Drosophila*. *Cell Reports*. 2024; 43(4): 114087. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114087>
37. Pastore A., Badocco D., Cappellin L., Pastore P. Modeling the Dichromatic Behavior of Bromophenol Blue to Enhance the Analytical Performance of pH Colorimetric Sensor Arrays. *Chemosensors*. 2022; 10(2): 87. <https://doi.org/10.3390/chemosensors10020087>
38. Мазинг Ю.А. Функциональная морфология катионных белков лизосом нейтрофильных гранулоцитов. *Вопросы медицинской химии*. 1990; 36(6): 8–10.
39. Chuammitri P., Ostojić J., Andreassen C.B., Redmond S.B., Lamont S.J., Palic D. Chicken heterophil extracellular traps (HETs): Novel defense mechanism of chicken heterophils. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2009; 129(1–2): 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.12.013>
40. Jones M.P. Avian Hematology. *Clinics in Laboratory Medicine*. 2015; 35(3): 649–659. <https://doi.org/10.1016/j.cl.2015.05.013>
41. Колесник Е.А. Цитофизиологические и математические критерии оценки фаголизосом и нейтрофильных внеклеточных ловушек в клеточном и гуморальном звеньях иммунитета. *2nd Congress of the International Society for Clinical Physiology and Pathology (ISCPP2024)*. Moscow. 2024; 24–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13739047>
42. Колесник Е.А., Дерхо М.А. Об участии гипоталамическо-адренотропических гормонов в регуляции клеточного пула крови у цыплят-бройлеров. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2018; (1): 64–74. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimb.2018.1.64-74>
43. Rada B. Neutrophil Extracellular Traps. Knaus U., Leto T. (eds.). *NADPH Oxidases. Methods in Molecular Biology*. New York, NY: Humana. 2019; 1982: 517–528. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9424-3_31
44. Metzler K.D., Goosmann C., Lubojemska A., Zychlinsky A., Papayannopoulos V. A Myeloperoxidase-Containing Complex Regulates Neutrophil Elastase Release and Actin Dynamics during NETosis. *Cell Reports*. 2014; 8(3): 883–896. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2014.06.044>
26. Thiam H.R., Wong S.L., Wagner D.D., Waterman C.M. Cellular Mechanisms of NETosis. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*. 2020; 36: 191–218. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-020520-111016>
27. Cochrane C.G. The participation of cells in the inflammatory injury of tissue. *The Journal of Investigative Dermatology*. 1975; 64(5): 301–306. <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12512255>
28. Ranadive N.S., Cochrane C.G. Mechanism of Histamine Release from Mast Cells by Cationic Protein (Band 2) from Neutrophil Lysosomes. *The Journal of Immunology*. 1971; 106(2): 506–516. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.106.2.506>
29. Nagoyev B.S. Essays on the neutrophilic granulocyte. Nalchik: El'brus. 1986; 142 (in Russian).
30. Shubich M.G. Detection of cationic proteins in the cytoplasm of leukocytes with the use of bromphenol blue. *Tsitologiya*. 1974; 16(10): 1321–1322 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qbthxd>
31. Nagoyev B.S. Qualitative and quantitative indices of lysosomal cationic leukocyte protein in healthy persons. *Laboratornoye delo*. 1983; (6): 6–9 (in Russian).
32. Drobot G.P., Zabyakin V.A., Stepanova A.E., Smolentsev S.Yu. Dynamics of cytochemical indicators of pseudoeosinophil [sic!] blood of guinea fowl. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2017; (1): 42–44 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xtdnvf>
33. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Lebedeva I.A. Comprehensive morphophysiological description of the immune lysosomal cationic protein of leukocytes in the early ontogeny of broiler chickens. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Series: Estestvennye Nauki*. 2019; 161(3): 440–458 (in Russian). <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.3.440-458>
34. Pourtabrizi M., Shahtahmassebi N., Sharifmoghadam M.R. Bromophenol blue doped in nano-droplet: spectroscopy, nonlinear optical properties and *Staphylococcus aureus* treatment. *Optical and Quantum Electronics*. 2021; 53: 1. <https://doi.org/10.1007/s11082-020-02634-9>
35. Plaza-Garrido M., Salinas-Garcia M.C., Alba-Elena D., Martínez J.C., Camara-Artigas A. Lysozyme crystals dyed with bromophenol blue: where has the dye gone?. *Acta Crystallographica Section D: Structural Biology*. 2020; 76(9): 845–856. <https://doi.org/10.1107/S2059798320008803>
36. Barron A.J., Agrawal S., Lesperance D.N.A., Doucette J., Calle S., Broderick N.A. Microbiome-derived acidity protects against microbial invasion in *Drosophila*. *Cell Reports*. 2024; 43(4): 114087. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114087>
37. Pastore A., Badocco D., Cappellin L., Pastore P. Modeling the Dichromatic Behavior of Bromophenol Blue to Enhance the Analytical Performance of pH Colorimetric Sensor Arrays. *Chemosensors*. 2022; 10(2): 87. <https://doi.org/10.3390/chemosensors10020087>
38. Mazing Yu.A. Functional morphology of lysosomal cationic proteins in neutrophilic granulocytes. *Voprosy meditsinskoy khimii*. 1990; 36(6): 8–10 (in Russian).
39. Chuammitri P., Ostojić J., Andreassen C.B., Redmond S.B., Lamont S.J., Palic D. Chicken heterophil extracellular traps (HETs): Novel defense mechanism of chicken heterophils. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2009; 129(1–2): 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.12.013>
40. Jones M.P. Avian Hematology. *Clinics in Laboratory Medicine*. 2015; 35(3): 649–659. <https://doi.org/10.1016/j.cl.2015.05.013>
41. Kolesnik E.A. Cytophysiological and mathematical criteria for assessing phagolysosomes and neutrophil extracellular traps in the cellular and humoral immunity. *2nd Congress of the International Society for Clinical Physiology and Pathology (ISCPP2024)*. Moscow. 2024; 24–26 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13739047>
42. Kolesnik E.A., Derkho M.A. About participation of pituitary-adrenocortical hormones in regulation of blood cellular pool in chicken-broilers. *Problems of Productive Animal Biology*. 2018; (1): 64–74 (in Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimb.2018.1.64-74>
43. Rada B. Neutrophil Extracellular Traps. Knaus U., Leto T. (eds.). *NADPH Oxidases. Methods in Molecular Biology*. New York, NY: Humana. 2019; 1982: 517–528. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9424-3_31
44. Metzler K.D., Goosmann C., Lubojemska A., Zychlinsky A., Papayannopoulos V. A Myeloperoxidase-Containing Complex Regulates Neutrophil Elastase Release and Actin Dynamics during NETosis. *Cell Reports*. 2014; 8(3): 883–896. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2014.06.044>

45. Kharisma V.D. *et al.* Garcinoxanthones from *Garcinia mangostana* L. tackle SARS-CoV-2 infection and cytokine storm pathway inhibition: A viroinformatics study. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*. 2023; 11(5): 743–756. https://doi.org/10.56499/jppres23.1650_11.5.743
46. Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Формы дегенерации клеток крови, их физиологическое и клиническое значение, механизмы образования, тени клеток в мазках крови птиц. *Аграрная наука*. 2024; (1): 65–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>
47. Branzk N. *et al.* Neutrophils sense microbe size and selectively release neutrophil extracellular traps in response to large pathogens. *Nature Immunology*. 2014; 15(11): 1017–1025. <https://doi.org/10.1038/ni.2987>
48. Delgado-Rizo V., Martínez-Guzmán M.A., Iñiguez-Gutierrez L., García-Orozco A., Alvarado-Navarro A., Fafutis-Morris M. Neutrophil Extracellular Traps and Its Implications in Inflammation: An Overview. *Frontiers in Immunology*. 2017; (8): 81. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00081>
49. Pilsczek F.H. *et al.* A Novel Mechanism of Rapid Nuclear Neutrophil Extracellular Trap Formation in Response to *Staphylococcus aureus*. *The Journal of Immunology*. 2010; 185(12): 7413–7425. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1000675>
50. de Bont C.M., Koopman W.J.H., Boelens W.C., Pruijn G.J.M. Stimulus-dependent chromatin dynamics, citrullination, calcium signalling and ROS production during NET formation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Cell Research*. 2018; 1865(11–A): 1621–1629. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2018.08.014>
51. Gupta A.K., Giaglis S., Hasler P., Hahn S. Efficient Neutrophil Extracellular Trap Induction Requires Mobilization of Both Intracellular and Extracellular Calcium Pools and Is Modulated by Cyclosporine A. *PLoS ONE*. 2014; 9(5): e97088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097088>
52. Rossaint J. *et al.* Synchronized integrin engagement and chemokine activation is crucial in neutrophil extracellular trap-mediated sterile inflammation. *Blood*. 2014; 123(16): 2573–2584. <https://doi.org/10.1182/blood-2013-07-516484>
53. Keshari R.S. *et al.* Cytokines Induced Neutrophil Extracellular Traps Formation: Implication for the Inflammatory Disease Condition. *PLoS ONE*. 2012; 7(10): e48111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048111>
54. Schappe M.S. *et al.* Chanzyme TRPM7 Mediates the Ca²⁺ Influx Essential for Lipopolysaccharide-Induced Toll-Like Receptor 4 Endocytosis and Macrophage Activation. *Immunity*. 2018; 48(1): 59–74.e5. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2017.11.026>
55. Wang Y. *et al.* Histone hypercitrullination mediates chromatin decondensation and neutrophil extracellular trap formation. *Journal of Cell Biology*. 2009; 184(2): 205–213. <https://doi.org/10.1083/jcb.200806072>
56. Kenny E.F. *et al.* Diverse stimuli engage different neutrophil extracellular trap pathways. *eLife*. 2017; 6: e24437. <https://doi.org/10.7554/eLife.24437>
57. Fuchs T.A. *et al.* Novel cell death program leads to neutrophil extracellular traps. *Journal of Cell Biology*. 2007; 176(2): 231–241. <https://doi.org/10.1083/jcb.200606027>
58. Sun B. *et al.* Citrullination of NF-κB p65 promotes its nuclear localization and TLR-induced expression of IL-1β and TNFα. *Science Immunology*. 2017; 2(12): eaal3062. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aal3062>
59. Li Y., Werth V.P., Mall M., Liu M.-L. Nuclear lamin B is crucial to the nuclear envelope integrity and extracellular trap release in neutrophils. *bioRxiv*. 2019; 647529. <https://doi.org/10.1101/647529>
60. Ruan J., Xia S., Liu X., Lieberman J., Wu H. Cryo-EM structure of the gasdermin A3 membrane pore. *Nature*. 2018; 557(7703): 62–67. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0058-6>
61. Chen K.W. *et al.* Noncanonical inflammasome signaling elicits gasdermin D-dependent neutrophil extracellular traps. *Science Immunology*. 2018; 3(26): eaar6676. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aar6676>
62. Sollberger G. *et al.* Gasdermin D plays a vital role in the generation of neutrophil extracellular traps. *Science Immunology*. 2018; 3(26): eaar6689. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aar6689>
63. Renganathan B. *et al.* Transport and Organization of Individual Vimentin Filaments Within Dense Networks Revealed by Single Particle Tracking and 3D FIB-SEM. *bioRxiv*. 2024; 2024.06.10.598346. <https://doi.org/10.1101/2024.06.10.598346>
45. Kharisma V.D. *et al.* Garcinoxanthones from *Garcinia mangostana* L. tackle SARS-CoV-2 infection and cytokine storm pathway inhibition: A viroinformatics study. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*. 2023; 11(5): 743–756. https://doi.org/10.56499/jppres23.1650_11.5.743
46. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Forms of degeneration of blood cells, their physiological and clinical significance, mechanisms of formation, shadows of cells in blood smears of birds. *Agrarian science*. 2024; (1): 65–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-378-1-65-74>
47. Branzk N. *et al.* Neutrophils sense microbe size and selectively release neutrophil extracellular traps in response to large pathogens. *Nature Immunology*. 2014; 15(11): 1017–1025. <https://doi.org/10.1038/ni.2987>
48. Delgado-Rizo V., Martínez-Guzmán M.A., Iñiguez-Gutierrez L., García-Orozco A., Alvarado-Navarro A., Fafutis-Morris M. Neutrophil Extracellular Traps and Its Implications in Inflammation: An Overview. *Frontiers in Immunology*. 2017; (8): 81. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00081>
49. Pilsczek F.H. *et al.* A Novel Mechanism of Rapid Nuclear Neutrophil Extracellular Trap Formation in Response to *Staphylococcus aureus*. *The Journal of Immunology*. 2010; 185(12): 7413–7425. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1000675>
50. de Bont C.M., Koopman W.J.H., Boelens W.C., Pruijn G.J.M. Stimulus-dependent chromatin dynamics, citrullination, calcium signalling and ROS production during NET formation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Cell Research*. 2018; 1865(11–A): 1621–1629. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2018.08.014>
51. Gupta A.K., Giaglis S., Hasler P., Hahn S. Efficient Neutrophil Extracellular Trap Induction Requires Mobilization of Both Intracellular and Extracellular Calcium Pools and Is Modulated by Cyclosporine A. *PLoS ONE*. 2014; 9(5): e97088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097088>
52. Rossaint J. *et al.* Synchronized integrin engagement and chemokine activation is crucial in neutrophil extracellular trap-mediated sterile inflammation. *Blood*. 2014; 123(16): 2573–2584. <https://doi.org/10.1182/blood-2013-07-516484>
53. Keshari R.S. *et al.* Cytokines Induced Neutrophil Extracellular Traps Formation: Implication for the Inflammatory Disease Condition. *PLoS ONE*. 2012; 7(10): e48111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048111>
54. Schappe M.S. *et al.* Chanzyme TRPM7 Mediates the Ca²⁺ Influx Essential for Lipopolysaccharide-Induced Toll-Like Receptor 4 Endocytosis and Macrophage Activation. *Immunity*. 2018; 48(1): 59–74.e5. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2017.11.026>
55. Wang Y. *et al.* Histone hypercitrullination mediates chromatin decondensation and neutrophil extracellular trap formation. *Journal of Cell Biology*. 2009; 184(2): 205–213. <https://doi.org/10.1083/jcb.200806072>
56. Kenny E.F. *et al.* Diverse stimuli engage different neutrophil extracellular trap pathways. *eLife*. 2017; 6: e24437. <https://doi.org/10.7554/eLife.24437>
57. Fuchs T.A. *et al.* Novel cell death program leads to neutrophil extracellular traps. *Journal of Cell Biology*. 2007; 176(2): 231–241. <https://doi.org/10.1083/jcb.200606027>
58. Sun B. *et al.* Citrullination of NF-κB p65 promotes its nuclear localization and TLR-induced expression of IL-1β and TNFα. *Science Immunology*. 2017; 2(12): eaal3062. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aal3062>
59. Li Y., Werth V.P., Mall M., Liu M.-L. Nuclear lamin B is crucial to the nuclear envelope integrity and extracellular trap release in neutrophils. *bioRxiv*. 2019; 647529. <https://doi.org/10.1101/647529>
60. Ruan J., Xia S., Liu X., Lieberman J., Wu H. Cryo-EM structure of the gasdermin A3 membrane pore. *Nature*. 2018; 557(7703): 62–67. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0058-6>
61. Chen K.W. *et al.* Noncanonical inflammasome signaling elicits gasdermin D-dependent neutrophil extracellular traps. *Science Immunology*. 2018; 3(26): eaar6676. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aar6676>
62. Sollberger G. *et al.* Gasdermin D plays a vital role in the generation of neutrophil extracellular traps. *Science Immunology*. 2018; 3(26): eaar6689. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aar6689>
63. Renganathan B. *et al.* Transport and Organization of Individual Vimentin Filaments Within Dense Networks Revealed by Single Particle Tracking and 3D FIB-SEM. *bioRxiv*. 2024; 2024.06.10.598346. <https://doi.org/10.1101/2024.06.10.598346>

64. Neubert E. *et al.* Chromatin swelling drives neutrophil extracellular trap release. *Nature Communications*. 2018; 9: 3767. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06263-5>
65. Giridharan S.S.P., Caplan S. MICAL-Family Proteins: Complex Regulators of the Actin Cytoskeleton. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2014; 20(13): 2059–2073. <https://doi.org/10.1089/ars.2013.5487>
66. Petretto A. *et al.* Neutrophil extracellular traps (NET) induced by different stimuli: A comparative proteomic analysis. *PLoS ONE*. 2019; 14(7): e0218946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218946>
67. Deng W. *et al.* MICAL1 controls cell invasive phenotype via regulating oxidative stress in breast cancer cells. *BMC Cancer*. 2016; 16: 489. <https://doi.org/10.1186/s12885-016-2553-1>
68. Chang Y.-C. *et al.* Group B *Streptococcus* Engages an Inhibitory Siglec through Sialic Acid Mimicry to Blunt Innate Immune and Inflammatory Responses *In Vivo*. *PLoS Pathogens*. 2014; 10(1): e1003846. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003846>
69. Secundino I. *et al.* Host and pathogen hyaluronan signal through human siglec-9 to suppress neutrophil activation. *Journal of Molecular Medicine*. 2016; 94(2): 219–233. <https://doi.org/10.1007/s00109-015-1341-8>
70. Khatua B., Bhattacharya K., Mandal C. Sialoglycoproteins adsorbed by *Pseudomonas aeruginosa* facilitate their survival by impeding neutrophil extracellular trap through siglec-9. *Journal of Leukocyte Biology*. 2012; 91(4): 641–655. <https://doi.org/10.1189/jlb.0511260>
71. Beiter K., Wartha F., Albiger B., Normark S., Zychlinsky A., Henriques-Normark B. An Endonuclease Allows *Streptococcus pneumoniae* to Escape from Neutrophil Extracellular Traps. *Current Biology*. 2006; 16(4): 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.01.056>
72. Juneau R.A., Stevens J.S., Apicella M.A., Criss A.K. A Thermonuclease of *Neisseria gonorrhoeae* Enhances Bacterial Escape From Killing by Neutrophil Extracellular Traps. *The Journal of Infectious Diseases*. 2015; 212(2): 316–324. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiv031>
73. Wartha F. *et al.* Capsule and D-alanylated lipoteichoic acids protect *Streptococcus pneumoniae* against neutrophil extracellular traps. *Cellular Microbiology*. 2007; 9(5): 1162–1171. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2006.00857.x>
74. Воробьева Н.В., Пинегин Б.В. Нейтрофильные внеклеточные ловушки: механизмы образования, роль в норме и при патологии (обзор). *Биохимия*. 2014; 79(12): 1580–1591. <https://elibrary.ru/tqqmsn>
75. Kawabata K., Hagio T., Matsuoka S. The role of neutrophil elastase in acute lung injury. *European Journal of Pharmacology*. 2002; 451(1): 1–10. [https://doi.org/10.1016/s0014-2999\(02\)02182-9](https://doi.org/10.1016/s0014-2999(02)02182-9)
76. Xu J. *et al.* Extracellular histones are major mediators of death in sepsis. *Nature Medicine*. 2009; 15(11): 1318–1321. <https://doi.org/10.1038/nm.2053>
77. Thomas G.M. *et al.* Extracellular DNA traps are associated with the pathogenesis of TRALI in humans and mice. *Blood*. 2012; 119(26): 6335–6343. <https://doi.org/10.1182/blood-2012-01-405183>
78. Abrams S.T. *et al.* Circulating Histones Are Mediators of Trauma-associated Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013; 187(2): 160–169. <https://doi.org/10.1164/rccm.201206-1037OC>
79. Poon I.K.H. *et al.* Phosphoinositide-mediated oligomerization of a defensin induces cell lysis. *eLife*. 2014; 3: e01808. <https://doi.org/10.7554/eLife.01808>
80. Horwitz D.A., Fahmy T.M., Piccirillo C.A., La Cava A. Rebalancing Immune Homeostasis to Treat Autoimmune Diseases. *Trends in Immunology*. 2019; 40(10): 888–908. <https://doi.org/10.1016/j.it.2019.08.003>
81. Saba H.I., Roberts H.R., Herion J.C. The Anticoagulant Activity of Lysosomal Cationic Proteins from Polymorphonuclear Leukocytes. *Journal of Clinical Investigation*. 1967; 46(4): 580–589. <https://doi.org/10.1172/JCI105559>
82. Fuchs T.A. *et al.* Extracellular DNA traps promote thrombosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010; 107(36): 15880–15885. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005743107>
83. Brill A. *et al.* von Willebrand factor-mediated platelet adhesion is critical for deep vein thrombosis in mouse models. *Blood*. 2011; 117(4): 1400–1407. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-05-287623>
64. Neubert E. *et al.* Chromatin swelling drives neutrophil extracellular trap release. *Nature Communications*. 2018; 9: 3767. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06263-5>
65. Giridharan S.S.P., Caplan S. MICAL-Family Proteins: Complex Regulators of the Actin Cytoskeleton. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2014; 20(13): 2059–2073. <https://doi.org/10.1089/ars.2013.5487>
66. Petretto A. *et al.* Neutrophil extracellular traps (NET) induced by different stimuli: A comparative proteomic analysis. *PLoS ONE*. 2019; 14(7): e0218946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218946>
67. Deng W. *et al.* MICAL1 controls cell invasive phenotype via regulating oxidative stress in breast cancer cells. *BMC Cancer*. 2016; 16: 489. <https://doi.org/10.1186/s12885-016-2553-1>
68. Chang Y.-C. *et al.* Group B *Streptococcus* Engages an Inhibitory Siglec through Sialic Acid Mimicry to Blunt Innate Immune and Inflammatory Responses *In Vivo*. *PLoS Pathogens*. 2014; 10(1): e1003846. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003846>
69. Secundino I. *et al.* Host and pathogen hyaluronan signal through human siglec-9 to suppress neutrophil activation. *Journal of Molecular Medicine*. 2016; 94(2): 219–233. <https://doi.org/10.1007/s00109-015-1341-8>
70. Khatua B., Bhattacharya K., Mandal C. Sialoglycoproteins adsorbed by *Pseudomonas aeruginosa* facilitate their survival by impeding neutrophil extracellular trap through siglec-9. *Journal of Leukocyte Biology*. 2012; 91(4): 641–655. <https://doi.org/10.1189/jlb.0511260>
71. Beiter K., Wartha F., Albiger B., Normark S., Zychlinsky A., Henriques-Normark B. An Endonuclease Allows *Streptococcus pneumoniae* to Escape from Neutrophil Extracellular Traps. *Current Biology*. 2006; 16(4): 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.01.056>
72. Juneau R.A., Stevens J.S., Apicella M.A., Criss A.K. A Thermonuclease of *Neisseria gonorrhoeae* Enhances Bacterial Escape From Killing by Neutrophil Extracellular Traps. *The Journal of Infectious Diseases*. 2015; 212(2): 316–324. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiv031>
73. Wartha F. *et al.* Capsule and D-alanylated lipoteichoic acids protect *Streptococcus pneumoniae* against neutrophil extracellular traps. *Cellular Microbiology*. 2007; 9(5): 1162–1171. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2006.00857.x>
74. Vorobjeva N.V., Pinegin B.V. Neutrophil extracellular traps: mechanisms of formation and role in health and disease. *Biochemistry (Moscow)*. 2014; 79(12): 1286–1296. <https://doi.org/10.1134/S0006297914120025>
75. Kawabata K., Hagio T., Matsuoka S. The role of neutrophil elastase in acute lung injury. *European Journal of Pharmacology*. 2002; 451(1): 1–10. [https://doi.org/10.1016/s0014-2999\(02\)02182-9](https://doi.org/10.1016/s0014-2999(02)02182-9)
76. Xu J. *et al.* Extracellular histones are major mediators of death in sepsis. *Nature Medicine*. 2009; 15(11): 1318–1321. <https://doi.org/10.1038/nm.2053>
77. Thomas G.M. *et al.* Extracellular DNA traps are associated with the pathogenesis of TRALI in humans and mice. *Blood*. 2012; 119(26): 6335–6343. <https://doi.org/10.1182/blood-2012-01-405183>
78. Abrams S.T. *et al.* Circulating Histones Are Mediators of Trauma-associated Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013; 187(2): 160–169. <https://doi.org/10.1164/rccm.201206-1037OC>
79. Poon I.K.H. *et al.* Phosphoinositide-mediated oligomerization of a defensin induces cell lysis. *eLife*. 2014; 3: e01808. <https://doi.org/10.7554/eLife.01808>
80. Horwitz D.A., Fahmy T.M., Piccirillo C.A., La Cava A. Rebalancing Immune Homeostasis to Treat Autoimmune Diseases. *Trends in Immunology*. 2019; 40(10): 888–908. <https://doi.org/10.1016/j.it.2019.08.003>
81. Saba H.I., Roberts H.R., Herion J.C. The Anticoagulant Activity of Lysosomal Cationic Proteins from Polymorphonuclear Leukocytes. *Journal of Clinical Investigation*. 1967; 46(4): 580–589. <https://doi.org/10.1172/JCI105559>
82. Fuchs T.A. *et al.* Extracellular DNA traps promote thrombosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010; 107(36): 15880–15885. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005743107>
83. Brill A. *et al.* von Willebrand factor-mediated platelet adhesion is critical for deep vein thrombosis in mouse models. *Blood*. 2011; 117(4): 1400–1407. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-05-287623>

84. Etulain J., Martinod K., Wong S.L., Cifuni S.M., Schattner M., Wagner D.D. P-selectin promotes neutrophil extracellular trap formation in mice. *Blood*. 2015; 126(2): 242–246. <https://doi.org/10.1182/blood-2015-01-624023>

85. Monfregola J., Johnson J.L., Meijler M.M., Napolitano G., Catz S.D. MUNC13-4 Protein Regulates the Oxidative Response and Is Essential for Phagosomal Maturation and Bacterial Killing in Neutrophils. *Journal of Biological Chemistry*. 2012; 287(53): 44603–44618. <https://doi.org/10.1074/jbc.M112.414029>

86. Hakkim A. *et al.* Impairment of neutrophil extracellular trap degradation is associated with lupus nephritis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010; 107(21): 9813–9818. <https://doi.org/10.1073/pnas.0909927107>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Анатольевич Колесник¹

доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, экологии человека и медико-биологических знаний

evgeniy251082@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

Марина Аркадьевна Дерхо²

доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин

derkho2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Максим Борисович Ребезов^{3, 4}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник³;

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов⁴

rebezov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Государственный университет просвещения, ул. Радио, 10А, стр. 2, Москва, 105005, Россия

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

⁴Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

84. Etulain J., Martinod K., Wong S.L., Cifuni S.M., Schattner M., Wagner D.D. P-selectin promotes neutrophil extracellular trap formation in mice. *Blood*. 2015; 126(2): 242–246. <https://doi.org/10.1182/blood-2015-01-624023>

85. Monfregola J., Johnson J.L., Meijler M.M., Napolitano G., Catz S.D. MUNC13-4 Protein Regulates the Oxidative Response and Is Essential for Phagosomal Maturation and Bacterial Killing in Neutrophils. *Journal of Biological Chemistry*. 2012; 287(53): 44603–44618. <https://doi.org/10.1074/jbc.M112.414029>

86. Hakkim A. *et al.* Impairment of neutrophil extracellular trap degradation is associated with lupus nephritis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010; 107(21): 9813–9818. <https://doi.org/10.1073/pnas.0909927107>

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy Anatolyevich Kolesnik¹

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology, Human Ecology and Medical and Biological Knowledge

evgeniy251082@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2326-651X>

Marina Arkadyevna Derkho²

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Natural Sciences

derkho2010@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Maksim Borisovich Rebezov^{3, 4}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher³;

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products⁴

rebezov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Federal State University of Education, 10A/2 Radio Str., Moscow, 105005, Russia

²South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

³Gorbatov Research Center for Food Systems,

26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

⁴Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

УДК 636.2.087.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-71-78

О.В. Горелик¹ ✉

А.С. Горелик²

М.Б. Ребезов^{1,3}

С.Ю. Харлап¹

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Екатеринбург, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию: 30.05.2024

Одобрена после рецензирования: 10.12.2024

Принята к публикации: 25.12.2024

© Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-71-78

Olga V. Gorelik¹ ✉

Artem S. Gorelik²

Maksim B. Rebezov^{1,3}

Svetlana Yu. Kharlap¹

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

³Gorbatov Scientific Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office: 30.05.2024

Accepted in revised: 10.12.2024

Accepted for publication: 25.12.2024

© Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu.

Весовой рост телочек молочного периода от матерей разного возраста

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для получения высокопродуктивных животных необходимо внедрять новые технологии целенаправленного выращивания ремонтных телок, основанные на общих закономерностях индивидуального развития по периодам и фазам онтогенеза.

Цель работы — изучение влияния возраста матерей на рост телочек в молочный период.

Методы. Для проведения исследований все новорожденные телки были распределены на группы в зависимости от возраста их матерей: 1-я группа от нетелей; 2-я группа от коров по II отелу; 3-я группа от коров по III отелу; 4-я группа от коров по IV отелу и старшего отела. Весовой рост определяли по изменению живой массы от рождения до 6-месячного возраста путем ежемесячного индивидуального взвешивания. Телки подвергались взвешиванию сразу после рождения и до 6-месячного возраста (ежемесячно). По результатам взвешивания рассчитали абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы.

Результаты. В результате исследований установлено, что от нетелей получают телочек с более низкой живой массой, которая остается таковой до конца молочного периода. Она была меньше при рождении на 4,3–5,3 кг, или на 11,3–13,9%, и на 9,0–13,4 кг, или на 3,95–6,25%, в 6-месячном возрасте. Лучше росли телочки от матерей по второй лактации. Их живая масса была самой высокой (в 6-месячном возрасте она составила $227,7 \pm 2,32$ кг). Рассматривая динамику изменений среднесуточных приростов живой массы по месяцам (периодам) выращивания, следует отметить, что в первых двух и четвертой группах наблюдается снижение приростов живой массы во второй месяц, а затем повышение их в первых трех группах в третий и четвертый месяцы выращивания с дальнейшим их снижением в 5-м и 6-м месяцах (первая и вторая группа). У телок от коров по III и старше лактации (III и IV группа) наблюдаются колебания приростов живой массы по месяцам выращивания.

Ключевые слова: нетели, коровы, телочки, молочный период, весовой рост, живая масса, прирост

Для цитирования: Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Весовой рост телочек молочного периода от матерей разного возраста. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 71–78.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-71-78>

Weight growth of heifers of the dairy period from mothers of different ages

ABSTRACT

Relevance. To obtain highly productive animals, it is necessary to introduce new technologies for purposeful cultivation of repair heifers based on the general patterns of individual development by periods and phases of ontogenesis.

The purpose of the work is to study the influence of the age of mothers on the growth of chicks during the dairy period.

Methods. For the research, all newborn heifers were divided into groups depending on the age of their mothers: 1st group from heifers; 2nd group from cows for the second calving; 3rd group from cows for the third calving; 4th group from cows for the IV calving and senior calving. Weight gain was determined by the change in body weight from birth to 6 months of age by monthly individual weighing. Heifers were weighed immediately after birth and up to 6 months of age (monthly). Based on the results of weighing, the absolute, average daily and relative weight gain was calculated.

Results. As a result of the conducted research, it was found that heifers with a lower live weight are obtained from heifers, which remains so until the end of the dairy period. She was 4.3–5.3 kg less at birth, or 11.3–13.9%, and 9.0–13.4 kg, or 3.95–6.25%, at 6 months of age. Chicks from mothers grew better after the second lactation. Their live weight was the highest. She was 227.7 ± 2.32 kg at the age of 6 months. Considering the dynamics of changes in average daily live weight gains by months (periods) of cultivation, it should be noted that in the first two and fourth groups, there is a decrease in live weight gains in the second month, and then an increase in them in the first three groups in the third and fourth months of cultivation with a further decrease in 5 and 6 months (the first and second group). In calves from cows of III and older lactation (group III and IV), fluctuations in live weight gain are observed over the months of cultivation.

Key words: heifers, cows, heifers, milk period, weight growth, live weight, gain

For citation: Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Weight growth of heifers of the dairy period from mothers of different ages. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 71–78 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-71-78>

Введение/Introduction

Скотоводство является преобладающей отраслью животноводства [1–3]. Это обусловлено тем, что крупный рогатый скот дает более 99% молока и ценные мясопродукты — главные животноводческие продукты питания населения [5–9].

Увеличение производства высококачественных продуктов скотоводства — проблема, с годами не теряющая своей актуальности, а всё больше приобретающая значение как с ростом населения нашей планеты, в частности нашей страны, так и с удовлетворением потребности человечества в продуктах питания [10–14]. В связи с этим развитию этой отрасли придается большое народно-хозяйственное значение [15–18].

Важнейшие условия увеличения производства молока и повышения эффективности молочного скотоводства в стране — качественное совершенствование существующих пород и повышение их генетического потенциала [19–22]. В настоящее время это достигается в значительной мере за счет широкого использования лучших отечественных пород и ресурсов мирового генофонда, и прежде всего голштинской породы [19, 23–25].

Для получения высокопродуктивных животных необходимо внедрять новые технологии целенаправленного выращивания ремонтных телок, основанные на общих закономерностях индивидуального развития по периодам и фазам онтогенеза [26–28]. Поэтому максимальное использование общегенетических методов, характеризующих обмен веществ в органах и тканях молодняка крупного рогатого скота, позволит выявить изменения, характеризующие интенсивность роста, формирования и этологические особенности, которые можно будет эффективно использовать при решении отдельных проблем технологического характера [29–32].

Актуальность данной проблемы заключается еще и в том, что новорожденный теленок практически не приспособлен к самостоятельному существованию, так как не защищен от неблагоприятных условий среды [33–35]. Стенки его кишечника легко проницаемы для микробов, которые через пищеварительные органы легко проникают в кровеносную систему и могут вызывать заболевания. В организме новорожденного почти отсутствует запас витаминов А и D, иммунная система не функционирует.

В связи с этим разработка технологии содержания телят сначала под матерями, а затем коровами-кормилицами будет способствовать получению крепкого, здорового, интенсивно растущего молодняка [36, 37]. Повышение его сохранности позволяет максимально использовать генетический потенциал породы, имеющий важное значение для разработки научно обоснованных мероприятий и конкретных рекомендаций при совершенствовании породных и продуктивных качеств животных [38–41].

Совершенствование основной отечественной черно-пестрой молочной породы путем скрещивания с высокопродуктивной мировой голштинской привело к созданию новой голштинской породной формации на основе черно-пестрого скота [7, 10, 42, 43]. Она отличается высокой продуктивностью, но вместе с тем достаточно быстро выбраковывается из стада. Это привело к снижению продуктивного долголетия коров до 2,4–2,8 лактации, что в свою очередь потребовало увеличения поголовья для ремонта стада. В специализированных хозяйствах с развитым молочным скотоводством выбраковка обычно составляла 25%, в настоящее время она достигает 35–45%.

В связи с этим возникает необходимость ввода в стадо всё большего количества ремонтного молодняка. То есть практически все телочки должны быть выращены для ремонта стада. Многие авторы считают, что для ремонта стада наиболее пригодны телочки, полученные от половозрелых коров [44, 45].

Однако реалии времени не позволяют делать такой отбор. В связи с этим возникает вопрос о возможности использования телочек от матерей разного возраста для ремонта стада [46–50].

Цель работы — изучить влияние возраста матерей на рост телочек в молочный период.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в хозяйствах Свердловской области (Россия).

Для проведения исследований все новорожденные телки были распределены на группы в зависимости от возраста их матерей:

- 1-я группа — от нетелей;
- 2-я группа — от коров по II отелу;
- 3-я группа — от коров по III отелу;
- 4-я группа — от коров по IV отелу и старшего отела.

Весовой рост определяли по изменению живой массы от рождения до 6-месячного возраста путем ежемесячного индивидуального взвешивания. Телки подвергались взвешиванию сразу после рождения и до 6-месячного возраста (ежемесячно).

Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зоогигиеническим нормам¹. Кормление осуществлялось по принятым в хозяйстве схемам выпойки и рационам.

Телки в период исследований находились в одинаковых условиях содержания и кормления в телятнике в первые 10 дней в индивидуальных клетках в профилактории, затем в групповых клетках, оборудованных боксами для отдыха (по 10 голов в клетке).

¹ Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

По результатам взвешивания рассчитали абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей², и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Считается, что для ремонта стада нужно оставлять телочек от половозрастных коров, поскольку телята от нетелей и коров второго отела хуже растут и достигают плановых показателей при выращивании.

В данных исследованиях установлено, что телочки от коров разного возраста растут одинаково (рис. 1).

Установлено, что от нетелей получают телочек с более низкой живой массой, которая остается таковой до конца молочного периода. Она была меньше при рождении на 4,3–5,3 кг, или на 11,3–13,9%, и на 9,0–13,4 кг, или на 3,95–6,25%, в 6-месячном возрасте.

Лучше росли телочки от матерей по второй лактации. Их живая масса была самой высокой. Она в 6-месячном возрасте составила $227,7 \pm \pm 2,32$ кг, или больше на 9,0–13,4 кг (на 4,0–6,9%). Самая низкая разница оказалась между группами сверстниц от матерей по третьей лактации, а самая большая — от коров-матерей по первой лактации, то есть нетелей.

Изменения живой массы телок не дают возможности установить закономерности роста, их особенности в зависимости от каких-либо факторов. Для их установления оценки роста проводят расчеты показателей приростов живой массы: абсолютные, среднесуточные, относительные. По их изменениям и судят о закономерностях и особенностях весового роста молодняка. Данные об абсолютных приростах телочек от матерей разного возраста представлены на рисунке 2.

За весь молочный период лучше всего росли телочки от матерей по II лактации, а хуже — от IV лактации и старше. Разница между этими группами

Рис. 1. Динамика живой массы телочек в молочный период развития, кг
Fig. 1. Dynamics of live weight of heifers in the milk period of development, kg

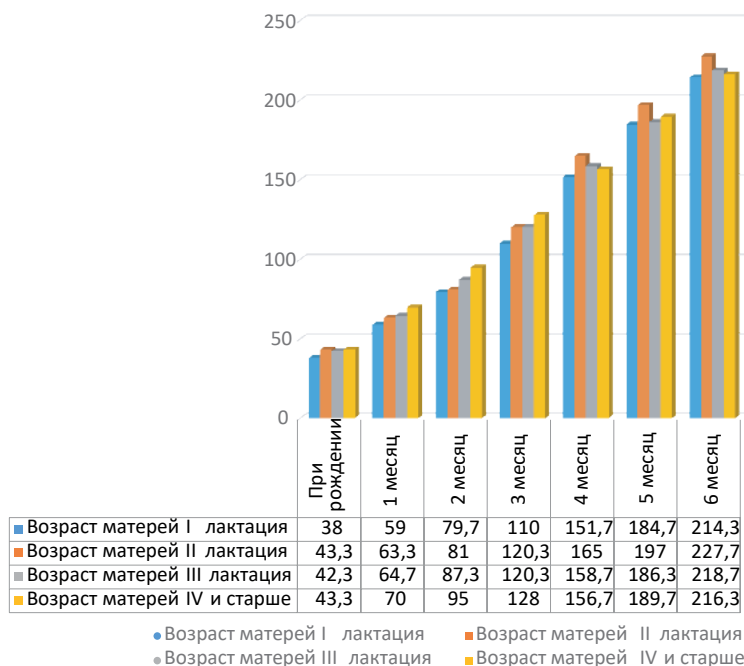
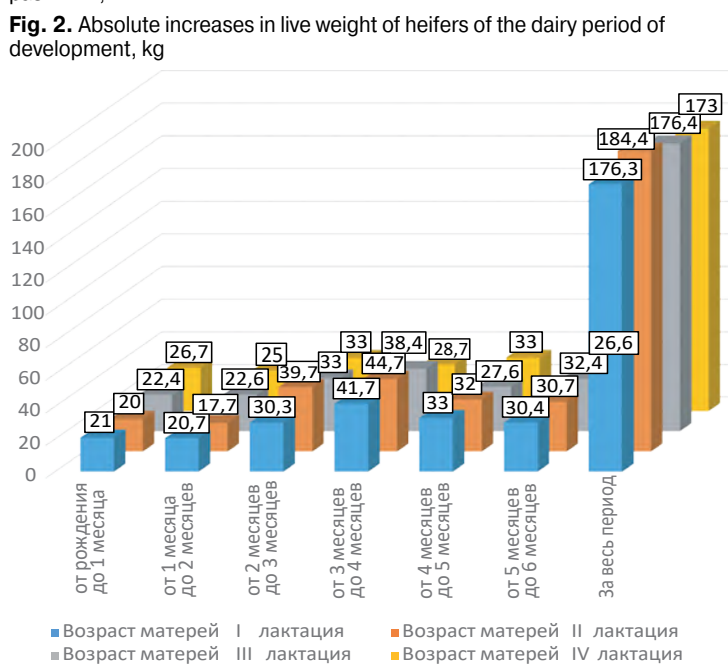


Рис. 2. Абсолютные приросты живой массы телочек молочного периода развития, кг
Fig. 2. Absolute increases in live weight of heifers of the dairy period of development, kg



составила кг, или 6,6% ($p \leq 0,01$). Разница по общему приросту живой массы между второй и первой группами, а также третьей — 8,0–8,1 кг, или 4,5–4,6% ($p \leq 0,05$).

Наблюдались изменения и по периодам роста. В первой группе (матери по I лактации) телочки до 4-го месяца (включительно) повышали абсолютный прирост, так же как и в третьей группе (матери по III лактации). Во второй и четвертой группах

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

наблюдалось понижение этого показателя во 2-й месяц выращивания, затем его повышение. Отмечается и общая закономерность снижения абсолютно-го прироста живой массы в 5-й месяц выращивания и в 6-й (исключение составляет третья группа).

Следует отметить и ритмическое колебание показателей в четвертой группе, что говорит о неравномерности роста телочек в этой группе.

Лучше изменения по росту телят можно увидеть по среднесуточным приростам живой массы (рис. 3).

Анализируя данные (рис. 3), можно сделать следующие выводы. В молочный период лучше росли телята, которые родились от коров после первой лактации и второй. На третьем месте по скорости роста оказались телята от половозрастных коров по третьей лактации. Худшие показатели оказались в четвертой группе (телята, полученные от коров IV лактации и старше). Телята от коров по II лактации превосходили своих сверстников по среднесуточному приросту на 44,0–63,0 г, или 4,3–6,2%. Однако разница между группами оказалась недостоверной ($p \geq 0,05$).

Рассматривая динамику изменений среднесуточных приростов живой массы по месяцам (периодам) выращивания, следует отметить, что в первых двух и четвертой группах наблюдается снижение приростов живой массы во 2-й месяц, а затем их повышение в первых трех группах в 3-й и 4-й месяцы выращивания с дальнейшим снижением в 5-м и 6-м месяцах (первая и вторая группа).

У телят от коров по III лактации и старше (III и IV группа) наблюдаются колебания приростов живой массы по месяцам выращивания. В третьей группе (III лактация) среднесуточный прирост живой массы увеличивается начиная с 1-го месяца по 4-й месяц (включительно), затем снижается в 5-й месяц и повышается в 6-й.

В четвертой группе (IV лактация и старше) по месяцам выращивания среднесуточные приросты ритмично колебались, то понижаясь, то повышаясь.

Таким образом, скорость роста телят в группах в зависимости от возраста матерей имела свои особенности по месяцам выращивания и изменялась в соответствии с общими закономерностями роста и развития. Интенсивность роста можно оценить по относительным приростам (рис. 4).

Рис. 3. Среднесуточные приросты живой массы телочек, г
Fig. 3. Average daily live weight gain of heifers, g

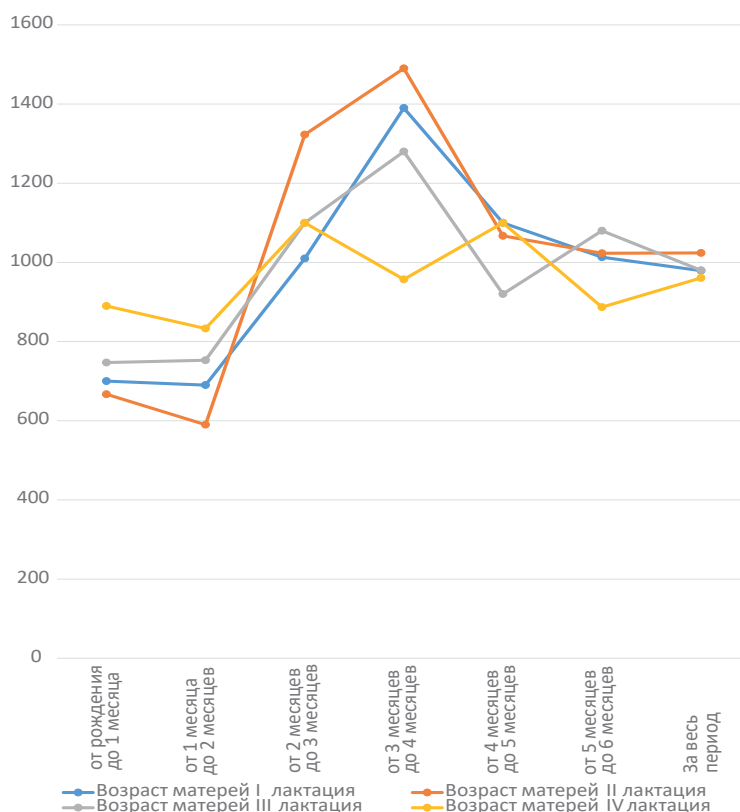
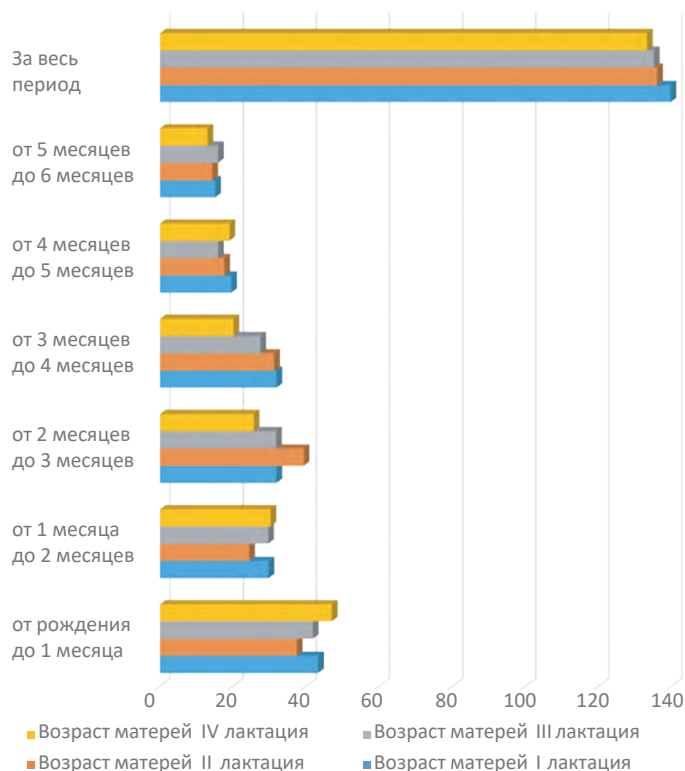
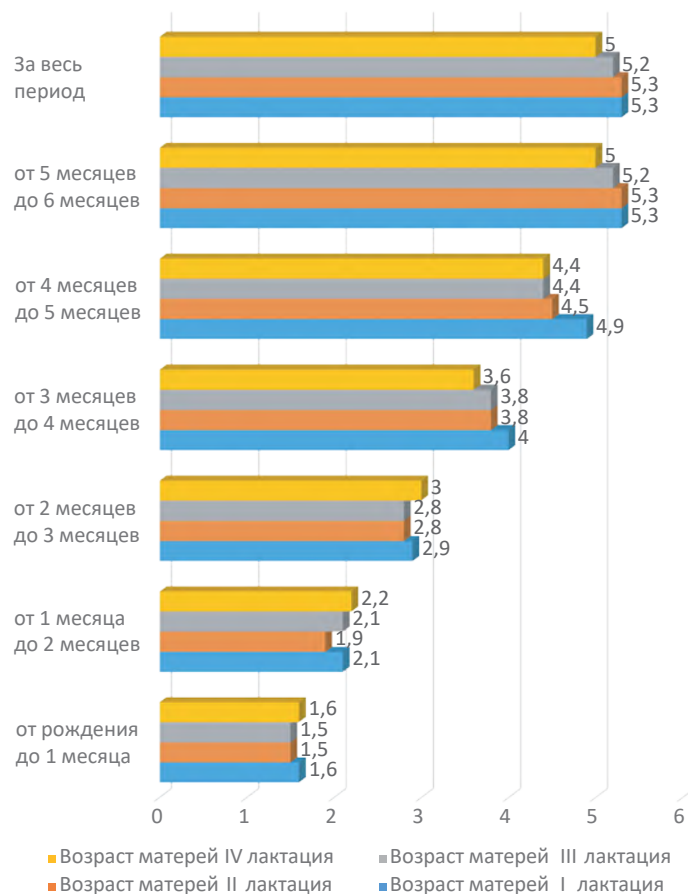


Рис. 4. Относительные приросты живой массы телочек, %
Fig. 4. Relative increases in live weight of heifers, %



Самый высокий относительный прирост живой массы был в 1-й месяц выращивания, а самый низкий — в 6-й. За весь период относительный прирост превысил 100% и составил во всех группах больше 130%. Интенсивнее росли телята

Рис. 5. Кратность роста телочек в молочный период развития, раз
Fig. 5. The multiplicity of growth of heifers in the milk period of development, times



та от нетелей (первая группа). У них был самый высокий относительный прирост за молочный период — 139,8%, что на 3,76,5% больше, чем в других группах. Объясняется это тем, что масса новорожденных телят в этой группе была ниже. Это подтверждается расчетом коэффициента кратности роста, который рассчитывается делением живой массы в конце каждого периода

на живую массу при рождении (рис. 5). На рисунке 5 видно, что телята за молочный период увеличили свою живую массу в 5 раз и более. Росли они, несмотря на некоторую разницу живой массы по периодам, практически одинаково.

Выводы/Conclusions

Установлено, что от нетелей получают телочек с более низкой живой массой, которая остается таковой до конца молочного периода. Она была меньше при рождении на 4,3–5,3 кг, или на 11,3–13,9%, и на 9,0–13,4 кг, или на 3,95–6,25%, в 6-месячном возрасте.

Лучше росли телочки от матерей по второй лактации, их живая масса была самой высокой (в 6-месячном возрасте она составила $227,7 \pm 2,32$ кг).

Рассматривая динамику изменений среднесуточных приростов живой массы по месяцам (периодам) выращивания, следует отметить, что в первых двух и четвертой группах на-

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 является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № AAAA-A19-1191014000069).

FUNDING

The study is exploratory and carried out within the framework of scientific research at the Ural State Agrarian University (state registration No. AAAA-A19-1191014000069).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>
2. 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; 667: 022009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022009>
3. Sinelshchikova I., Golovko E., Zabashta N., Arakcheeva E. The results of growing meat bulls. *E3S Web of Conferences*. 2023; 376: 02027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602027>
4. Ulimbashev M., Tletseruk I., Krasnova O., Pskhatsieva Z., Konik N. The first results of the use of the gene pool of the Kalmyk breed on the brown stock of Brown Swiss cattle. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01012. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801012>

REFERENCES

1. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>
2. 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; 667: 022009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022009>
3. Sinelshchikova I., Golovko E., Zabashta N., Arakcheeva E. The results of growing meat bulls. *E3S Web of Conferences*. 2023; 376: 02027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602027>
4. Ulimbashev M., Tletseruk I., Krasnova O., Pskhatsieva Z., Konik N. The first results of the use of the gene pool of the Kalmyk breed on the brown stock of Brown Swiss cattle. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01012. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801012>

5. Донник И.М., Мымрин С.В. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота. *Главный зоотехник*. 2016; (8): 20–32. <https://elibrary.ru/wgwpqdd>
6. Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексеичева 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/fkhuwkw>
7. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
8. Ребезов М.Б., Харлап С.Ю., Горелик А.С. Характеристика хозяйственно полезных качеств голштинского скота. *Обеспечение устойчивого и биобезопасного развития АПК. Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция*. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова. 2022; 69–75. <https://elibrary.ru/ciknvj>
9. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
10. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of Conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
11. Giloyan G.H., Kasumyan N.A. Evaluation of heifers of Fleckvieh breed, imported to the Republic of Armenia from the Federal Republic of Germany, according to the milk productivity of their ancestors. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801004>
12. Kharitonova P., Dunchenko N., Odintsova A. Producing of meat products using statistical evaluation of dietary types of meat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 390: 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002024>
13. Allahverdiyev E. Innovative approaches in the field of meat production. *E3S Web of Conferences*. 2023. 376: 02021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602021>
14. Biryukova T.V., Enkina C.V., Ashmarina T.I. Modern aspects of the livestock industry development, considering the analysis of consumer preferences for meat and meat products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02026. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202026>
15. Косилов В.И., Раджабов Ф.М., Ребезов М.Б., Миронова И.В. Влияние скрещивания скота симментальской породы с красным степным и черно-пестрым скотом на особенности телосложения помесей. *Земледелец*. 2021; (2): 47–49. <https://elibrary.ru/njgeiw>
16. Аноченко К.П., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Молочная продуктивность коров голштинской породы. *Молодежь и наука*. 2023; (4): 15. <https://elibrary.ru/muwelh>
17. Аноченко К.П., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Физико-химические показатели молока коров. *Молодежь и наука*. 2023; (4): 16. <https://elibrary.ru/yfkqnr>
18. Косилов В.И., Рахимжанова И.А., Ребезов М.Б., Миронова И.В., Седых Т.А., Быкова О.А. Мясные качества телок черно-пестрой породы и ее помесей с голштинами. *Наука и образование*. 2022; 2(3): 3–10. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-2-3-10>
19. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences*. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>
20. Miroshina T., Chalova N. Dairy goat breeding in Russia and the world (review). *E3S Web of Conferences*. 2023; 380: 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001004>
21. Никонова Е.А., Косилов В.И., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Гизатуллин Р.С., Седых Т.А. Влияние генотипа на формирование воспроизводительной функции телок. *Мичуринский агрономический вестник*. 2020; (3): 48–53. <https://elibrary.ru/jpmgql>
22. Брянцев 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
23. Колесникова А.В., Басонов О.А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции. *Зоотехния*. 2017; (1): 10–12. <https://elibrary.ru/xwvggv>
24. Рахимжанова И.А., Ребезов М.Б., Миронова И.В., Седых Т.А., Быкова О.А., Галиева З.А. Мясные качества телок черно-пестрой породы и ее помесей разных поколений с голштинами. *Аграрный вестник Приморья*. 2022; (3): 59–64. <https://elibrary.ru/tklnja>
5. Donnik I.M., Mymrin S.V. Role of genetic factors in increasing of the productivity of cattle. *Head of animal breeding*. 2016; (8): 20–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/wgwpqdd>
6. 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/fkhuwkw>
7. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
8. Rebezov M.B., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S. Characteristics of economic and useful qualities of Holstein cattle. *Ensuring sustainable and biosafe development of the agro-industrial complex. All-Russian (national) scientific and practical conference*. Nalchik: Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2022; 69–75 (in Russian). <https://elibrary.ru/ciknvj>
9. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
10. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of Conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
11. Giloyan G.H., Kasumyan N.A. Evaluation of heifers of Fleckvieh breed, imported to the Republic of Armenia from the Federal Republic of Germany, according to the milk productivity of their ancestors. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801004>
12. Kharitonova P., Dunchenko N., Odintsova A. Producing of meat products using statistical evaluation of dietary types of meat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 390: 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002024>
13. Allahverdiyev E. Innovative approaches in the field of meat production. *E3S Web of Conferences*. 2023. 376: 02021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602021>
14. Biryukova T.V., Enkina C.V., Ashmarina T.I. Modern aspects of the livestock industry development, considering the analysis of consumer preferences for meat and meat products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02026. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202026>
15. Kosilov V.I., Radzhabov F.M., Rebezov M.B., Mironova I.V. Influence of crossing of cattle of the Simmental breed with Red Steppe and Black-and-White cattle on body features of mixtures. *Peasant*. 2021; (2): 47–49 (in Russian). <https://elibrary.ru/njgeiw>
16. Anyuchenko K.P., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Milk productivity of Holstein cows. *Youth and science*. 2023; (4): 15 (in Russian). <https://elibrary.ru/muwelh>
17. Anyuchenko K.P., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Physical and chemical indicators of milk of cows. *Youth and science*. 2023; (4): 16 (in Russian). <https://elibrary.ru/yfkqnr>
18. Kosilov V.I., Rakhimzhanova I.A., Rebezov M.B., Mironova I.V., Sedykh T.A., Bykova O.A. Meat qualities of heifers of the Black-and-White breed and its crossbreeds with Holsteins. *Gylm Jane Bilim*. 2022; 2(3): 3–10 (in Russian). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-2-3-10>
19. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences*. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>
20. Miroshina T., Chalova N. Dairy goat breeding in Russia and the world (review). *E3S Web of Conferences*. 2023; 380: 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001004>
21. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Rebezov M.B., Bykova O.A., Gizatullin R.S., Sedykh T.A. Influence of genotype on the formation of reproductive function of heifers. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2020; (3): 48–53 (in Russian). <https://elibrary.ru/jpmgql>
22. 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
23. Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootekniya*. 2017; (1): 10–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/xwvggv>
24. Rakhimzhanova I.A., Rebezov M.B., Mironova I.V., Sedykh T.A., Bykova O.A., Galieva Z.A. Meat qualities of Black-and-White breed heifers and its crossbreeds of different generations with Holsteins. *Agrarnyy vestnik Primorya*. 2022; (3): 59–64 (in Russian). <https://elibrary.ru/tklnja>

25. Торшков А.А., Седых Т.А., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Гадиев Р.Р., Фаткуллин Р.Р. Качество естественно-анатомических частей полутуши телок разных генотипов. *Аграрный вестник Приморья*. 2022; (4): 62–67. <https://elibrary.ru/lejzbh>
26. Smolentsev S. *et al.* Effect of probiotics on height and weight parameters of young cattle. *BIO Web of Conferences*. 2024; 113: 02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302010>
27. Грибко А.В., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Весовой рост ремонтного молодняка голштинской породы в зависимости от происхождения. *Молодежь и наука*. 2023; (12): 15. <https://elibrary.ru/wkoelg>
28. Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы. *Аграрная наука*. 2023; (12): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
29. Игнатиева Н.Л., Воронова И.В., Филиппова А.Н. Влияние сроков осеменения голштинизированных телок черно-пестрой породы на их молочную продуктивность. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; (3): 333–336. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-333-336>
30. Головань В.Т., Подворок Н.И., Юрин Д.А. Интенсивное выращивание телок до 6-месячного возраста. *Сборник научных трудов СКНИИЖ*. 2014; 3(3): 216–220. <https://elibrary.ru/qwxflf>
31. Ларицкая А.М., Харлап С.Ю. Технология получения и выращивания телят. *Молодежь и наука*. 2019; (5–6): 43. <https://elibrary.ru/oclrcl>
32. Торшков А.А., Седых Т.А., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Сергеевкова Н.А., Попов А.Н. Влияние генотипа телок на качество естественно-анатомических частей полутуши. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; (5): 287–291. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-97-5-287-291>
33. Sattarov N. *et al.* Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences*. 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
34. Khatkova M., Khatkov K., Golembovsky V., Khalimbekov R., Ulimbashiev M. Modernization of calf rearing technology elements in cattle breeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801016>
35. Белоокова О.В., Белооков А.А., Ребезов М.Б. Воспроизводительная способность коров и сохранность новорожденных телят при использовании ЭМ-технологии. *Международная научно-практическая конференция, посвященная 85-летию Уральской государственной академии ветеринарной медицины и 100-летию дня рождения доктора ветеринарных наук, профессора В.Г. Мартынова. Сборник материалов*. Троицк: Уральская государственная академия ветеринарной медицины. 2015; 10–14. <https://elibrary.ru/cksbsd>
36. Nikulin Y., Nikulina O., Tsoy Z. The Effect of the Feed Complex "Lactokormovit" on the Growth Rate of Replacement Heifers. Beskopylny A., Shamtsyan M., Artiukh V. (eds.). *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022"*. *Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 1: 2631–2637. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_290
37. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Журавлева Р.Д. Взаимосвязь показателей весового роста ремонтных телок по периодам. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 2: 73–74. <https://elibrary.ru/ojyfwx>
38. Горелик А.С., Фаткуллин Р.Р. Рост и развитие телочек при введении в рацион «Альбит-Био». *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2014; (4): 9–13. <https://elibrary.ru/ryfanz>
39. Павлова Т.В., Новик С.Н. Продолжительность хозяйственного использования и молочная продуктивность коров разных генотипов в СПК «Ляховичский». *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; (2): 31–37. <https://elibrary.ru/ymneau>
40. Рассанова К.С., Лузова А.В. Обеспечение здоровья и активизация защитно-приспособительных реакций организма новорожденных телят иммунокоррекцией сухостойных коров-матерей. *Студенческая наука — первый шаг в академическую науку. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10–11-х классов*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 2: 161–169. <https://elibrary.ru/dncwxg>
25. Torshkov A.A., Sedykh T.A., Rebezov M.B., Bykova O.A., Gadiev R.R., Fatkullin R.R. The quality of the natural anatomical parts of the half-carcass of heifers of different genotypes. *Agrarnyy vestnik Primor'ya*. 2022; (4): 62–67 (in Russian). <https://elibrary.ru/lejzbh>
26. Smolentsev S. *et al.* Effect of probiotics on height and weight parameters of young cattle. *BIO Web of Conferences*. 2024; 113: 02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411302010>
27. Gribko A.V., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Weight growth of repair young Holstein breed depending on origin. *Youth and science*. 2023; (12): 15 (in Russian). <https://elibrary.ru/wkoelg>
28. Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S. The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows. *Agrarian science*. 2023; (12): 74–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
29. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Filippova A.N. The influence of the timing of insemination of Holsteinized Black-and-White heifers on their milk productivity. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; (3): 333–336 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-333-336>
30. Golovan V.T., Podvorok N.I., Yurin D.A. Intensive breeding of dairy heifers under 6 months of age. *Sbornik nauchnykh trudov SKNIIZH*. 2014; 3(3): 216–220 (in Russian). <https://elibrary.ru/qwxflf>
31. Laritskaya A.M., Kharlap S.Yu. The technology for producing and rearing calves. *Youth and science*. 2019; (5–6): 43 (in Russian). <https://elibrary.ru/oclrcl>
32. Torshkov A.A., Sedykh T.A., Rebezov M.B., Bykova O.A., Sergeenkov N.A., Popov A.N. The influence of the heifer genotype on the quality of the natural anatomical parts of the half-carcass. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; (5): 287–291 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-97-5-287-291>
33. Sattarov N. *et al.* Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences*. 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
34. Khatkova M., Khatkov K., Golembovsky V., Khalimbekov R., Ulimbashiev M. Modernization of calf rearing technology elements in cattle breeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801016>
35. Belookova O.V., Belookov A.A., Rebezov M.B. Reproductive ability of cows and safety of newborn calves using EM technology. *International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the Ural State Academy of Veterinary Medicine and the 100th anniversary of the birth of Doctor of Veterinary Sciences, Professor V.G. Martynov. Collection of materials*. Troitsk: Ural State Academy of Veterinary Medicine. 2015; 10–14 (in Russian). <https://elibrary.ru/cksbsd>
36. Nikulin Y., Nikulina O., Tsoy Z. The Effect of the Feed Complex "Lactokormovit" on the Growth Rate of Replacement Heifers. Beskopylny A., Shamtsyan M., Artiukh V. (eds.). *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022"*. *Global Precision Ag Innovation 2022*. Cham: Springer. 2023; 1: 2631–2637. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_290
37. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Zhuravleva R.D. Correlation of weight growth indicators of replacement heifers by periods. *Modern technologies for cultivation, processing and storage of agricultural products. Collection of abstracts prepared within the framework of the round table*. Yekaterinburg: Ural State Agricultural University. 2022; (2): 73–74 (in Russian). <https://elibrary.ru/ojyfwx>
38. Gorelik A.S., Fatkullin R.R. The growth and development of heifers at the introduction into a diet of "Albite Bio". *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2014; (4): 9–13 (in Russian). <https://elibrary.ru/ryfanz>
39. Pavlova T.V., Novik S.N. Duration of living in the herbs and milk productivity of cows of different genotypes in SPK "Lyakhovichsky". *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; (2): 31–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneau>
40. Rassanova K.S., Luzova A.V. Ensuring the health and activation of protective and adaptive reactions of the body of newborn calves by immunocorrection of dry cows-mothers. *Student science is the first step into academic science. Proceedings of the International Student Scientific and Practical Conference with the participation of schoolchildren in grades 10–11*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 2: 161–169 (in Russian). <https://elibrary.ru/dncwxg>

41. Горелик А.С., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Молочная продуктивность коров-дочерей разных быков-производителей зарубежной селекции. *Главный зоотехник*. 2024; (4): 20–33. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2404-03>
42. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Nemtseva E.Yu., Toboev G.M. Use of Holstein bulls in improvement of black pied cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 935: 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012025>
43. Ребезов М.Б., Горелик О.В., Неверова О.П., Келин Ю.В. Взаимосвязь молочных признаков коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 в зависимости от возраста. *Вестник Ошского государственного университета*. 2024; (1): 54–65. https://doi.org/10.52754/16948610_2024_1_6
44. Giloyan G.A., Kasumyan N.A. Technology of raising breeding replacement stock of the Fleckvieh breed. *BIO Web of Conferences*. 2023; 66: 10001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236610001>
45. Madrakhimov S., Roziboev N. Growth and development of F₁ hybrid progenies of Schwitz cows using beef breeds. *E3S Web of Conferences*. 2023; 371: 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101003>
46. 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>
47. Скобелев В.В., Чижевский С.И., Серяков И.С., Цикунова О.Г. Молочная продуктивность коров-перволеток в зависимости от генеалогической структуры в ОАО «Валище» Пинского района. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; (4): 32–37. <https://elibrary.ru/ymneik>
48. 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>
49. Шипов С.С., Шишкина Т.В. Влияние паратипических факторов на продуктивные и воспроизводительные качества коров черно-пестрой породы в условиях АО «Учхоз «Рамзай» ПГСХА». *Инновационные технологии в животноводстве. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции*. Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. 2018; 51–58. <https://elibrary.ru/rvsard>
50. Гудкова Н.А., Карпова Н.В., Любин Н.А., Мухитов А.З. Кормление молодняка крупного рогатого скота. *Международный студенческий научный вестник*. 2016; (4–3): 327. <https://elibrary.ru/wcixat>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Васильевна Горелик¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Артём Сергеевич Горелик²

кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Максим Борисович Ребезов^{1,3}

- доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов¹
- доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Светлана Юрьевна Харлап¹

кандидат биологических наук, доцент
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

41. Gorelik A.S., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Milk productivity of cows-daughters of different sires of foreign breeding. *Head of animal breeding*. 2024; (4): 20–33 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-03-2404-03>

42. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Nemtseva E.Yu., Toboev G.M. Use of Holstein bulls in improvement of black pied cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 935: 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012025>

43. Rebezov M.B., Gorelik O.V., Neverova O.P., Kelin Yu.V. The relationship of milk characteristics of cows of the Vis Back Idial 1013415 line depending on age. *Bulletin of Osh State University*. 2024; (1): 54–65 (in Russian). https://doi.org/10.52754/16948610_2024_1_6

44. Giloyan G.A., Kasumyan N.A. Technology of raising breeding replacement stock of the Fleckvieh breed. *BIO Web of Conferences*. 2023; 66: 10001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236610001>

45. Madrakhimov S., Roziboev N. Growth and development of F₁ hybrid progenies of Schwitz cows using beef breeds. *E3S Web of Conferences*. 2023; 371: 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101003>

46. 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 proceedings from the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2022; 1: 223–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/drqjgh>

47. 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>

48. 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>

49. Shipov S.S., Shishkina T.V. The influence of paratypical factors on productive and reproductive qualities of cows of black-motley breed in conditions of JSC «Uchkhoz «Ramzai» of the Penza State Agricultural Academy». *Innovative technologies in animal husbandry. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Penza: Penza State Agricultural Academy. 2018; 51–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/rvsard>

50. Gudkova N.A., Karpova N.V., Lyubin N.A., Mukhitov A.Z. Feeding young cattle. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2016; (4–3): 327 (in Russian). <https://elibrary.ru/wcixat>

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vasilyevna Gorelik¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Artem Sergeevich Gorelik²

Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Maksim Borisovich Rebezov^{1,3}

- Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products¹
- Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Svetlana Yurievna Kharlap¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

³Gorbatov Research Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

А.И. Абилов¹ ✉
М.И. Дунин²
П.Л. Козменков¹
А.В. Устименко¹

¹Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, пос. Лесные Поляны, Московская обл., Россия

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Поступила в редакцию: 28.08.2024
 Одобрена после рецензирования: 10.12.2024
 Принята к публикации: 25.12.2024

© Абилов А.И., Дунин М.И., Козменков П.Л., Устименко А.В.

Ahmedaga I. Abilov¹ ✉
Mikhail I. Dunin²
Peter L. Kozmenkov¹
Anna V. Ustimenko¹

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow region, Russia

²All-Russian Scientific and Research Institute for Animal Breeding, Lesnye Polyany, Moscow region, Russia

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Received by the editorial office: 28.08.2024
 Accepted in revised: 10.12.2024
 Accepted for publication: 25.12.2024

© Abilov A.I., Dunin M.I., Kozmenkov P.L., Ustimenko A.V.

Развитие телочек в зависимости от живой массы при рождении и уровня иммуноглобулинов в молозивный период

РЕЗЮМЕ

Изучено развитие телят голштинской породы, полученных от спермы разных способов замораживания, а также в зависимости от уровня иммуноглобулинов в сыворотке крови в молозивный период (на третьи сутки жизни), в зависимости от живой массы при рождении. Работа выполнена в зимний период на базе ООО «Агрофирма Заря» совместно с ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста и ФГБНУ ВНИИПлем на основании договора о научном сотрудничестве.

Всего в опыте использовали данные анализа 36 телочек при разных критериях оценки: в зависимости от использования спермы, заготовленной разными способами: I группа (опытная) — телочки, полученные от разделенной по полу спермы ($n = 18$), II подгруппа (контрольная) — телочки, полученные от спермы, замороженной традиционным способом ($n = 18$). В зависимости от живой массы при рождении: I группа — живая масса при рождении до 35 кг ($n = 11$), II группа — 35–39 кг ($n = 14$), III группа — 40 кг и выше ($n = 11$). В зависимости от концентрации IgG разделили на три группы: I группа ($n = 6$) — 6,0–6,5 г/дл, II группа ($n = 14$) — 6,6–7,5 г/дл, III группа ($n = 16$) — 7,6 г/дл и выше. Установлено, что живая масса телят имеет достоверное отличие при $p < 0,05$, то есть телочки, родившиеся от спермы, заготовленной традиционным способом, имели на 3,5 кг большую живую массу по сравнению с телочками, родившимися от разделенной по полу. Расхождение сохраняется до 5-месячного возраста, а в годовалом возрасте, наоборот, телята, родившиеся от разделенной по полу спермы, будут иметь живую массу на 9,1 кг больше, чем телочки, родившиеся от традиционно заготовленной спермы. Аналогичные результаты при рождении отмечены и при анализе суточных привесов ($p < 0,01$). Выявлено, что телята, имеющие разную живую массу при рождении, имели достоверное различие до 5-месячного возраста, а после 6-месячного возраста всё постепенно сглаживается. У 83% телят содержание IgG в сыворотке крови выше уровня — 6,6 г/дл. Только 16,7% телят ($n = 6$) имели сравнительно низкий показатель IgG в сыворотке крови на 3-й день жизни. Группы телочек по содержанию IgG имели высокий уровень достоверности ($p < 0,01$). Глобулины в сыворотке крови не имели существенного влияния на дальнейшее развитие телят.

Ключевые слова: телята, иммуноглобулины, живая масса при рождении, разделенная по полу сперма

Для цитирования: Абилов А.И., Дунин М.И., Козменков П.Л., Устименко А.В. Развитие телочек в зависимости от живой массы при рождении и уровня иммуноглобулинов в молозивный период. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 79–85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-79-85>

The growth of heifers depending on birth weight and the level of total immunoglobulins in the colostrum period

ABSTRACT

The development of Holstein calves obtained from sperm by various freezing methods, as well as depending on the level of immunoglobulins in the blood serum during the colostrum period (on the third day of life), depending on the live weight at birth, was studied. The work was carried out in the winter period at the "Agrofirma Zarya" in collaboration with Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst and the All-Russian Scientific and Research Institute of Animal Breeding under a scientific cooperation agreement.

A total of 36 heifers were used in the experiment with different evaluation criteria: Depending on the use of sperm prepared in different ways: Group I (experimental) - heifers obtained from sexed semen ($n = 18$), Subgroup II (control) - heifers obtained from conventional semen ($n = 18$). Depending on birth weight: Group I - birth weight up to 35 kg ($n = 11$), Group II — 35–39 kg ($n = 14$), Group III - 40 kg and above ($n = 11$). Depending on the concentration IgG, they were divided into three groups: Group I ($n = 6$) — 6.0–6.5 g/dl, Group II ($n = 14$) — 6.6–7.5 g/dl, Group III ($n = 16$) — 7.6 g/dl and higher. It was found that the live weight of calves has a significant difference at $p < 0.05$, that is, heifers born from sperm harvested in the traditional way had 3.5 kg more live weight compared to heifers born from a sex-separated one. The discrepancy remains until 5 months of age, and at one year of age, on the contrary, calves born from sexed semen will have a birth weight greater by 9.1 kg than heifers born from conventional semen. Similar results at birth were noted in the analysis of daily weight gains ($p < 0.01$). It was revealed that calves with different live weight at birth had a significant difference before the age of 5 months, and after the age of 6 months, everything gradually smooths out.

83% of calves had serum IgG levels above 6.6 g/dL. Only 16.7% of calves ($n = 6$) had relatively low serum IgG levels on day 3 of life. The heifer groups by IgG levels had a high level of significance ($p < 0.01$). Serum globulins did not have a significant effect on subsequent calf development.

Key words: calves, immunoglobulins, birth weight, sexed semen

For citation: Abilov A.I., Dunin M.I., Kozmenkov P.L., Ustimenko A.V. The growth of heifers depending on birth weight and the level of total immunoglobulins in the colostrum period. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 79–85 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-79-85>

Введение/Introduction

Разделенная по полу сперма стала широко использоваться на современных молочных предприятиях в России и за рубежом [1]. По данным М.И. Дунина (2024 г.), успешный мировой опыт применения технологии разделения спермы по полу, обеспечивающий максимальный уровень расширенного воспроизводства племенных стад молочного скота, обусловлен увеличением его импорта в Россию, в основном из США и Канады.

В 2018–2022 годах поступили по импорту около 4,25 млн доз спермы, разделенной по полу, и это количество динамично растет. Например, поступление спермы, разделенной по полу, в 2018 году составило всего 230 676 доз, в 2019-м — 411 825, в 2020-м — 819 257, в 2021-м — 1 087 544, в 2022-м — 1 700 706. То есть за пятилетний период востребованность увеличилась почти в 7–8 раз [2].

Особо важную роль играет получение большего количества животных желаемого пола, которых можно использовать как для продажи, так и для ремонта собственного стада [3]. Внимание исследователей в мире направлено на изучение качественных показателей спермы [4], репродуктивных показателей животных при использовании разделенной по полу спермы [5, 6], оценку влияния сортировки сперматозоидов на результат осеменений [7], частоты дистоций и количества мертворожденных телят [8].

Однако не так много статей, в которых бы изучались характеристики телят, полученных от разделенной по полу спермы, и их сравнение с телятами, рожденными от традиционно заготовленной спермы.

В большом исследовании Tubman с сотрудниками (2004 г.) был проведен похожий сравнительный анализ. В процессе анализа учитывали продолжительность стельности, живую массу при рождении, легкость отела, жизнеспособность телят, живую массу при отъеме, частоту абортос и уровень смертности (неонатальной и при отъеме). В результате этого анализа выяснили, что телята, полученные из разделенной по полу спермы, росли и развивались нормально как до рождения, так и после рождения и значительно не отличались друг от друга по изученным характеристикам [9].

Эти данные согласуются с исследованиями Healy *et al.* [10]. Но в другом исследовании [11] авторы получили отличные от Tubman *et al.* [9] и Healy *et al.* [10] данные, в которых телята, полученные из традиционно заготовленной и разделенной по полу спермы, значительно различались по жизнеспособности, а именно телята из отсортированной спермы имели более низкий показатель жизнеспособности.

Изучение живой массы телят при рождении — важная характеристика, так как это напрямую влияет на частоту возникновения дистоций у коров и уровень неонатальной смертности [11],

а концентрация иммуноглобулинов (IgG) в сыворотке крови у телят в молозивный период — важный диагностический параметр, отражающий качество передачи пассивного иммунитета.

Получение телятами достаточного количества молозива в первый день жизни имеет решающее значение для их здоровья и будущей продуктивности [12–14]. Поскольку концентрации IgG не измеряются на фермах регулярно, пассивную передачу иммунитета в основном оценивают с помощью рефрактометрии для определения общего уровня сывороточного белка у телят, который коррелирует с уровнем IgG [15].

Цель исследования — изучение развития телочек голштинской породы в зависимости от способа заготовки спермы, от живой массы телят при рождении и от концентрации IgG в сыворотке крови в молозивный период.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа выполнена в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста совместно с ФГБНУ ВНИИплем в 2021–2022 гг. и на базе ООО «Агрофирма Заря» Богородского района Нижегородской области Российской Федерации в зимний период (в декабре 2021 года).

Продуктивность стада — 8100 кг за одну лактацию.

Всего в опыте использовали 36 телочек при разных критериях оценки:

1. В зависимости от использования спермы, заготовленной разными способами: I группа (опытная) — телочки, полученные от разделенной по полу спермы ($n = 18$), II подгруппа (контрольная) — телочки, полученные от спермы, замороженной традиционным способом ($n = 18$).

2. В зависимости от живой массы при рождении: I группа — живая масса при рождении до 35 кг ($n = 11$), II группа — 35–39 кг ($n = 14$), III группа — 40 кг и выше ($n = 11$).

3. В зависимости от концентрации IgG разделили на три группы: I группа ($n = 6$) — 6,0–6,5 г/дл, II группа ($n = 14$) — 6,6–7,5 г/дл, III группа ($n = 16$) — 7,6 г/дл и выше.

Все телочки были аналогами по возрасту, породе и находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Живую массу (кг) определяли при рождении и в 60, 90, 150, 210, 270, 365 суток после рождения с учетом среднесуточных привесов (кг).

Для определения уровня IgG от телочек в 3-дневном возрасте отбирались (в вакуумные пробирки) образцы крови из яремной вены в объеме 10 мл. После отстаивания сыворотки крови в течение суток использовался экспресс-метод — измерение на цифровом рефрактометре (Misco, США)¹ со шкалой TP-r (total protein) — для определения общей концентрации белков, которая коррелирует

¹ <https://www.misco.com/wp-content/uploads/2012/11/MISCO-TB-Digital-Dairy-1.pdf> (дата обращения: 11.12.2024).

с количеством IgG. Для этого 1–2 капли сыворотки помещали на измерительную поверхность прибора, и в течение 3–5 сек. на циферблате прибора появлялся цифровой результат, показывающий количество глобулинов в сыворотке крови (единица измерения — г/дл).

Исследование по каждому образцу повторяли трехкратно.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей², и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

Полученные данные были статистически обработаны с использованием пакета прикладных компьютерных программ Excel (Microsoft, США) с учетом средних (М) и стандартных ошибок (m), а также вариабельность амплитуды показателей (min-max).

Достоверность считали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Учитывая, что на результативность искусственного осеменения на статистически высокодостоверном уровне влияют способы заготовки спермы (разделение по полу или традиционный способ замораживания), установлено, что результат искусственного осеменения разделенной по полу спермы снижается на 15–20% по сравнению с семенем, которое было заморожено традиционным способом [6, 7, 10].

Недавние исследования показывают [16], что на низкий уровень результативности искусственного осеменения в основном влияет не количество сперматозоидов, имеющих в дозе спермы (в разделенной по полу сперме 2 млн или 4 млн в дозе, а в традиционно замороженной — 17–20 млн в дозе), а процесс технологии разделения сперматозоидов по полу.

Пока разделение сперматозоидов по X- или Y-хромосоме не усовершенствовано, неизвестно, каким образом этот процесс на молекулярном уровне может влиять в дальнейшем на рост,

развитие и иммунное состояние телочек по сравнению с телочками, полученными от спермы, замороженной традиционным способом.

На первом этапе было изучено развитие телочек голштинской породы в зависимости от способа заготовки спермы, используемой для искусственного осеменения (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что живая масса телят между группами на статистически достоверном уровне имеет отличие при $p < 0,05$ у телят, рожденных от осеменений традиционно замороженной спермой. Они имели живую массу на 3,5 кг больше в отношении телочек, полученных от разделенной по полу спермы. Это отличие сохраняется до 3-месячного возраста при низком уровне достоверности ($p < 0,1$), разница в 60-суточном возрасте составила 5 кг, в 90-суточном — 4,8 кг в пользу телочек, которые были получены от традиционно заготовленной спермы. Такое расхождение сохраняется и в 5-месячном возрасте, а после этого динамика развития телочек, полученных от разделенной по полу спермы, идет более интенсивнее на достоверном уровне.

В годовалом возрасте в среднем телочки имеют живую массу 349 кг. Живая масса телочек, полученных от разделенной по полу спермы, находится на уровне 356,6 кг — это на 9,1 кг больше, чем у телочек, полученных от спермы, замороженной традиционным способом.

На следующем этапе анализировали развитие телят опытных и контрольных групп по суточному привесу — от рождения до 12-месячного возраста (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что телочки имели отличие по живой массе только при рождении, уровень достоверности ($p < 0,05$), а в дальнейшем по росту достоверность между опытной и контрольной группами телочек не зафиксирована.

До 3-месячного возраста привес имел тенденцию в сторону увеличения в пользу телочек контрольной группы, а после 5-месячного возраста началось сравнительно интенсивное развитие телочек опытных групп. Наивысший суточный привес зарегистрирован в годовалом возрасте: в опытной группе — 0,86 кг в сутки, в контрольной — 0,85 кг в сутки, то есть меньше на 0,01 кг в сутки.

Таблица 1. Развитие телят, полученных разными способами замораживания спермы в Нижегородской области
Table 1. The growth of calves obtained by different methods of semen freezing in the Nizhny Novgorod region

Группа	Способ замораживания спермы	Кол-во телят, п	Живая масса при рождении, кг	Живая масса (кг) телят в разных возрастных периодах (сут.)					
				60	90	150	210	270	365
I опыт	Разделенная по полу	18	35,2 ± 0,7**	76,7 ± 1,7*	95,1 ± 1,6*	145,5 ± 3,9	198,9 ± 7,2	232,2 ± 6,9	356,6 ± 4,9
II контроль	Традиционно замороженная	18	38,7 ± 1,3	81,7 ± 2,7	99,9 ± 1,9	141,9 ± 4,9	200,5 ± 6,1	228,7 ± 12,9	347,5 ± 4,5

Примечание: * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$.

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Таблица 2. Динамика суточного привеса телят, полученных от спермы разных способов замораживания в разных физиологических возрастах

Table 2. Dynamics of daily weight gain of calves obtained from semen of different freezing methods at different physiological ages

Группа	Способ замораживания спермы	Кол-во телят, п	Живая масса при рождении, кг	Суточный привес (кг) телят в разных возрастных периодах (сут.)					
				60	90	150	210	270	365
I опыт	Разделенная по полу	18	35,20 ± 0,70**	0,70 ± 0,12	0,66 ± 0,02	0,74 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,73 ± 0,03	0,86 ± 0,01
II контроль	Традиционно замороженная	18	38,70 ± 1,30	0,73 ± 0,03	0,68 ± 0,02	0,68 ± 0,03	0,76 ± 0,03	0,74 ± 0,02	0,85 ± 0,01

Примечание: ** $p < 0,05$.

Учитывая, что между опытной и контрольной группами нет достоверного отличия, на следующем этапе изучали этих же телочек в зависимости от живой массы при рождении без учета способа замораживания спермы, от которой они были получены (табл. 3, 4).

Из таблиц 3, 4 видно, что телята, рожденные с разной живой массой, имеют достоверное отличие в период от рождения до возраста 90 суток, то есть до окончания молочного периода, и после этого периода уровень достоверности ($p < 0,05$) между I и III группой, а после этого возраста достоверность отсутствует и телята развиваются в одинаковом темпе.

Разница между группами I и II составляет 10 кг, между I и III — 4,7 кг, между II и III — 5,2 кг, то есть разница очень незначительная.

Таблица 3. Достоверность между группами в зависимости от живой массы телят

Table 3. Between-group reliability according to live weight calves

Достоверность между группами	Возраст взвешивания (сут.) и живая масса (кг), M + m					
	60	90	150	210	270	365
I–II	$p < 0,01$	НД	НД	НД	НД	НД
I–III	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,05$	НД	НД	НД
II–III	$p < 0,001$	$p < 0,05$	$p < 0,1$	НД	НД	НД

Таблица 4. Развитие телят в зависимости от живой массы при рождении без учета способа заготовки использованной спермы

Table 4. The growth of calves depending on live weight at birth, without taking into account the method preparation of the used sperm

Группа	Градации живой массы при рождении, кг	Кол-во телят, п	Живая масса при рождении в группе, кг	Живая масса (кг) телят в разных возрастных периодах (сут.), M + m					
				60	90	150	210	270	365
I	до 35	11	31,82 ± 0,98	72,45 ± 2,48	94,20 ± 2,55	139,22 ± 6,12	202,35 ± 9,02	233,70 ± 11,70	343,40 ± 5,79
II	35–39	14	36,71 ± 0,37	76,21 ± 3,67	96,55 ± 1,70	146,30 ± 5,50	201,12 ± 7,91	227,45 ± 1,85	353,30 ± 5,88
III	40 и выше	11	42,36 ± 0,70	85,95 ± 1,70	101,57 ± 2,09	143,39 ± 4,55	194,80 ± 6,96	229,77 ± 18,25	348,08 ± 5,23

Таблица 5. Динамика суточного привеса телят в зависимости от живой массы при рождении

Table 5. Dynamics of daily weight gain of calves depending on birth weight

Группа	Градации живой массы при рождении, кг	Суточный привес (в кг) в разных возрастных периодах (сут.), M + m					
		60	90	150	210	270	365
I n = 11	до 35*** (31,82 ± 0,98)	0,71 ± 0,03	0,69 ± 0,03	0,71 ± 0,04	0,80 ± 0,04	0,74 ± 0,04	0,85 ± 0,02
II n = 14	35–39*** (36,71 ± 0,37)	0,71 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,73 ± 0,04	0,78 ± 0,04	0,71 ± 0,01	0,87 ± 0,02
III n = 11	40 и выше*** (42,40 ± 0,70)	0,72 ± 0,03	0,66 ± 0,02	0,67 ± 0,03	0,79 ± 0,03	0,74 ± 0,03	0,85 ± 0,02

Примечание: ** между I и II группами $p < 0,01$, *** между I и III и II и III $p < 0,001$.

На следующем этапе изучали суточный привес телят в зависимости от живой массы при рождении: I группа (n = 11) — живая масса до 35 кг, II группа (n = 14) — 35–39 кг, III группа (n = 11) — свыше 40 кг.

Анализ данных представлен в таблице 5.

Из таблицы 5 необходимо отметить, что в зависимости от живой массы при рождении суточный привес в разных возрастных периодах между группами имел сходные показатели. В 2-месячном возрасте привес варьировал между 0,70–0,72 кг в сутки, в 3-месячном возрасте — 0,66–0,69 кг в сутки, а дальше началось интенсивное возрастание привеса, которое к годовалому возрасту достигло максимального уровня — 0,85–0,87 кг в сутки.

Между I и II группами уровень достоверности $p < 0,01$, между I и III и II и III — $p < 0,001$ при рождении. В остальных возрастных периодах достоверных отличий не было выявлено.

На следующем этапе проводился анализ развития телят в зависимости от показателя IgG в сыворотке крови на 3-и сутки после рождения (табл. 6).

Из таблицы 6 видно, что у основного количества телят содержание IgG в сыворотке крови выше уровня 6,6 г/дл (83,3%). Только 16,7% телят (n = 6) имели сравнительно низкий показатель IgG в сыворотке крови на 3-й день жизни. Группы телочек

Таблица 6. Развитие телят в зависимости от IgG в сыворотке крови на 3-и сутки после рождения

Table 6. The growth of calves depending on IgG in blood serum on the third day after birth

Группа	Градации IgG, г/дл	Телят в группе, n	Фактический уровень IgG, г/дл	Живая масса при рождении, кг	Живая масса (кг) телят в разных возрастных периодах (сут.), M + m					
					60	90	150	210	270	365
I	6,0–6,5	6	6,17±0,06***	39,20±1,81	81,74±3,18	100,75±2,93	151,22±9,46	171,65±32,07	–	351,54±8,03
II	6,6–7,5	14	7,00±0,08***	36,07±1,66	77,46±3,21	98,19±2,61	143,29±3,59	207,70±5,89	–	350,36±6,88
III	7,6 и выше	16	8,00±0,12***	36,87±0,02	78,75±1,46	95,66±1,35	138,52±5,28	192,75±6,91	226,50±8,56	346,84±3,78

Примечание: *** $p < 0,001$ между всеми группами.

Таблица 7. Динамика среднесуточного привеса телят в зависимости от уровня IgG в сыворотке крови на 3-й день после рождения

Table 7. Dynamics of average daily weight gain of calves depending on the level of IgG in the blood serum on the third day after birth

Группа	Градации IgG на 3-й день жизни, г/дл	Кол-во телят в группе, n	Фактический уровень IgG в группах, г/дл	Живая масса при рождении в группе, кг	Суточный привес (кг) в разных возрастных периодах (сут.), M + m					
					60	90	150	210	270	365
I	6,0–6,5	6	6,17±0,06	39,20±1,81	0,70±0,04	0,68±0,02	0,75±0,06	0,75±0,09	–	0,88±0,03
II	6,6–7,5	14	7,00±0,08	36,07±1,66	0,73±0,02	0,69±0,02	0,71±0,02	0,81±0,03	–	0,85±0,02
III	7,6 и выше	16	8,00±0,12	36,87±0,02	0,71±0,01	0,66±0,01	0,68±0,04	0,74±0,03	0,73±0,01	0,85±0,01

по содержанию IgG имели достоверные уровни отличия при $p < 0,01$.

Глобулины в сыворотке крови в такой концентрации не имели существенного влияния на дальнейшее развитие телят. Это объясняется тем, что все эти телята имели концентрации IgG в сыворотке крови на референсных значениях. Такие концентрации, по всей видимости, являются достаточными для нормального развития.

Аналогичные исследования были проведены с учетом суточного привеса (табл. 7).

Из таблицы 7 видно, что в молозивный период развития телят всех групп суточный привес от 0,70 до 0,73 кг в сутки. Самый высокий суточный привес отмечен в годовалом возрасте. Это показывает, что после 9-месячного возраста развитие телят идет более интенсивно, чем в более ранние периоды.

Самый низкий уровень суточного привеса зарегистрирован между 60–90-суточным возрастом, где телочки переходят с кормления молоком к кормлению полнорационным рационом. Далее идет постепенное увеличение суточного привеса и, соответственно, быстрое развитие телят.

Таким образом, выяснили, что существенного влияния на дальнейшее развитие использованных в опыте телочек по изученным градациям IgG нет.

Выводы/Conclusion

Анализ проведенных исследований показывает, что телята, полученные от спермы, заготовленной методом разделения по полу, имеют более низкую живую массу при рождении (на 3,5 кг) при уровне достоверности $p < 0,05$. Это отличие сохраняется до 5-месячного возраста при уровне достоверности $p < 0,05$, далее идет сглаживание показателей роста живой массы (кг) и суточного привеса (кг). До 5-месячного возраста развитие телят на достоверном уровне различалось в зависимости от живой массы при рождении.

Показатели IgG на 3-й день после рождения, находящиеся в пределах референсных значений, при содержании в соответствии с ветеринарными правилами для данной физиологической группы, на взгляд авторов, практически не влияют на дальнейшее развитие телят в целом до 12-месячного возраста.

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. Санова З.С., Мазуров В.Н. Применение сексированного семени быков-производителей в племенных хозяйствах Калужской области. *Аграрная наука*. 2023; (4): 75–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-75-79>
2. Дунин М.И. Вызовы и реалии импорта племенной продукции — семени, эмбрионов молочного скота в Российскую Федерацию. *Зоотехния*. 2024; (6): 30–32. <https://elibrary.ru/rwrbes>
3. Sales J.N.S. *et al.* Timing of insemination and fertility in dairy and beef cattle receiving timed artificial insemination using sex-sorted sperm. *Theriogenology*. 2011; 76(3): 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.019>
4. Абилов А.И., Козменков П.Л., Иолчиев Б.С., Устименко А.В. Качественные характеристики замороженно-оттаянного семени (обычное и разделенное по полу) у быков-производителей голштинской черно-пестрой породы и возраст полового созревания полученных от них телочек. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023; (4): 95–109. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-4-95-109>
5. Maicas C. *et al.* Fertility of fresh and frozen sex-sorted semen in dairy cows and heifers in seasonal-calving pasture-based herds. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(11): 10530–10542. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16740>
6. Смердина Т.В., Землянухина Т.Н. Влияние сексированного семени на воспроизводительные качества коров. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018; (9): 96–102. <https://elibrary.ru/yplrel>
7. DeJarnette J.M., Leach M.A., Nebel R.L., Marshall C.E., McCleary C.R., Moreno J.F. Effects of sex-sorting and sperm dosage on conception rates of Holstein heifers: Is comparable fertility of sex-sorted and conventional semen plausible? *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(7): 3477–3483. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4214>
8. Norman H.D., Hutchison J.L., Miller R.H. Use of sexed semen and its effect on conception rate, calf sex, dystocia, and stillbirth of Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(8): 3880–3890. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2781>
9. Tubman L.M., Brink Z., Suh T.K., Seidel G.E. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. *Journal of Animal Science*. 2004; 82(4): 1029–1036. <https://doi.org/10.2527/2004.8241029x>
10. Healy A.A., House J.K., Thomson P.C. Artificial insemination field data on the use of sexed and conventional semen in nulliparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(3): 1905–1914. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5465>
11. Djedović R., Bogdanović V., Stanojević D., Nemes Z., Gáspárdy A., Cseh S. Involuntary reduction in vigour of calves born from sexed semen. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2016; 64(2): 229–238. <https://doi.org/10.1556/004.2016.023>
12. Furman-Fratczak K., Rzasz A., Stefaniak T. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(11): 5536–5543. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3253>
13. Харитонов О.В., Харитонов Л.В., Великанов В.И., Кляпнев А.В. Исследование эффективности различных способов повышения колострального иммунитета у новорожденных телят. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2018; (2): 81–93. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2.81-93>
14. Федоров Ю.Н., Ключина В.И., Богомолова О.А., Романенко М.Н., Царькова К.Н. Пассивный иммунитет у новорожденных телят — основа выращивания здорового молодняка. *Аграрно-пищевые инновации*. 2019; (3): 27–33. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-7-27-33>
15. Hue D.T., Skirving R., Chen T., Williams J.L., Bottema C.D.K., Petrovski K. Colostrum source and passive immunity transfer in dairy bull calves. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(7): 8164–8176. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19318>
16. Thomas J.M. *et al.* Evaluation of SexedULTRA 4M™ sex-sorted semen in timed artificial insemination programs for mature beef cows. *Theriogenology*. 2019; 123: 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.039>

REFERENCES

1. Sanova Z.S., Mazurov B.N. Application of sexed semen of sires in breeding farms of Kaluga region. *Agrarian science*. 2023; (4): 75–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-75-79>
2. Dunin M.I. Challenges and reality of import of pedigree products—semen, embryo of dairy cattle to the Russian Federation. *Zootechniya*. 2024; (6): 30–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/rwrbes>
3. Sales J.N.S. *et al.* Timing of insemination and fertility in dairy and beef cattle receiving timed artificial insemination using sex-sorted sperm. *Theriogenology*. 2011; 76(3): 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.019>
4. Abilov A.I., Kozmenkov P.L., Iolchiev B.S., Ustimenko A.V. Qualitative characteristics of frozen-thawed semen (normal and sexed) from sires of the Holstein black-and-white breed and the age of puberty of the heifers born from them. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023; (4): 95–109 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-4-95-109>
5. Maicas C. *et al.* Fertility of fresh and frozen sex-sorted semen in dairy cows and heifers in seasonal-calving pasture-based herds. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(11): 10530–10542. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16740>
6. Smerdina T.V., Zemlyanukhina T.N. The influence of sexed semen on reproductive qualities of cows. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2018; (9): 96–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/yplrel>
7. DeJarnette J.M., Leach M.A., Nebel R.L., Marshall C.E., McCleary C.R., Moreno J.F. Effects of sex-sorting and sperm dosage on conception rates of Holstein heifers: Is comparable fertility of sex-sorted and conventional semen plausible? *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(7): 3477–3483. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4214>
8. Norman H.D., Hutchison J.L., Miller R.H. Use of sexed semen and its effect on conception rate, calf sex, dystocia, and stillbirth of Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(8): 3880–3890. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2781>
9. Tubman L.M., Brink Z., Suh T.K., Seidel G.E. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. *Journal of Animal Science*. 2004; 82(4): 1029–1036. <https://doi.org/10.2527/2004.8241029x>
10. Healy A.A., House J.K., Thomson P.C. Artificial insemination field data on the use of sexed and conventional semen in nulliparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(3): 1905–1914. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5465>
11. Djedović R., Bogdanović V., Stanojević D., Nemes Z., Gáspárdy A., Cseh S. Involuntary reduction in vigour of calves born from sexed semen. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2016; 64(2): 229–238. <https://doi.org/10.1556/004.2016.023>
12. Furman-Fratczak K., Rzasz A., Stefaniak T. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(11): 5536–5543. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3253>
13. Kharitonova O.V., Kharitonov L.V., Velikanov V.I., Klyapnev A.V. Study of the efficiency of various methods of improving colostral immunity in newborn calves. *Problems of Productive Animal Biology*. 2018; (2): 81–93 (in Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2.81-93>
14. Fedorov Yu.N., Klukina V.I., Bogomolova O.A., Romanenko M.N., Tsarkova K.N. Passive immunity in newborn calves — the basis of growing healthy young animals. *Agrarian-and-food innovations*. 2019; (3): 27–33 (in Russian). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-7-27-33>
15. Hue D.T., Skirving R., Chen T., Williams J.L., Bottema C.D.K., Petrovski K. Colostrum source and passive immunity transfer in dairy bull calves. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(7): 8164–8176. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19318>
16. Thomas J.M. *et al.* Evaluation of SexedULTRA 4M™ sex-sorted semen in timed artificial insemination programs for mature beef cows. *Theriogenology*. 2019; 123: 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.039>

ОБ АВТОРАХ

Ахмедага Имаш оглы Абилов¹

доктор биологических наук, профессор, заслуженный
 деятель науки Российской Федерации, главный научный
 сотрудник
 ahmed.abilov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6236-8634>

Михаил Иванович Дунин²

кандидат биологических наук, ведущий научный
 сотрудник
 ob-vniiplem@yandex.ru

Пётр Львович Козменков^{1,3}

соискатель ученой степени кандидата наук¹;
 руководитель отдела научного планирования³
 plk@altann.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7504-348X>

Анна Владимировна Устименко¹

аспирант
 anna-ustimenko94@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-3839-4469>

¹Федеральный исследовательский центр
 животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
 пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132,
 Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт
 племенного дела,
 ул. им. Ленина, 13, пос. Лесные Поляны, Московская обл.,
 141212, Россия

³ООО «Альта НН»,
 ул. Невская, 19А, Нижний Новгород, 603009, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ahmedaga Imash oglu Abilov¹

Doctor of Biological Sciences, Professor,
 Honored Scientist of the Russian Federation,
 Chief Researcher
 ahmed.abilov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6236-8634>

Mikhail Ivanovich Dunin²

Candidate of Biological Sciences,
 Leading Researcher
 ob-vniiplem@yandex.ru

Peter Lvovich Kozmenkov^{1,3}

Applicant for the Degree of Candidate of Sciences¹;
 Head of the Scientific Planning Department³
 plk@altann.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7504-348X>

Anna Vladimirovna Ustimenko¹

Graduate Student
 anna-ustimenko94@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-3839-4469>

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,
 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132,
 Russia

²All-Russian Scientific and Research Institute of Animal
 Breeding,
 13 Lenin Str., Lesnye Polyany, Moscow Region, 141212,
 Russia

³«Alta NN» LLC,
 19A Nevsky Str., Nizhny Novgorod, 603009, Russia

Россия/ Уфа

18-21 марта 2025

Агропромышленный форум



Агро Комплекс

35-Я ЮБИЛЕЙНАЯ
 МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

По вопросам участия
 в выставке:
 +7 (347) 246-42-00
agro@bvkexpo.ru

По вопросам участия
 в форуме:
 +7 (347) 246-42-81
yudin@bvkexpo.ru

Реклама. ООО «БВК», ИНН 0278179329



Характеристика компонентного состава молока первотелок при разном уровне кормления

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В период раздоя высокопродуктивные коровы мобилизуют резервы организма, и метаболизм новотельных коров точно координируется для удовлетворения возросших метаболических потребностей в синтезе молока.

Цель эксперимента — изучить влияние повышенного уровня кормления на компонентный состав молока.

Методы. Исследования проведены в племенном хозяйстве Московской области АО «Наро-Осановский» на коровах-первотелках, продолжительность опыта — 120 дней. Группы (по 11 голов в каждой) сформировали по принципу пар-аналогов. Основной рацион контрольной группы был сбалансирован по всем питательным, минеральным веществам и витаминам. Уровень кормления первотелок 1-й и 2-й опытных групп с первых дней лактации повысили за счет дополнительного включения адресного белково-витаминно-минерального концентрата (БВМК).

Пробы молока отбирали во время проведения контрольных доек с регистрацией суточного удоя. Компонентный состав молока определяли с помощью инфракрасного автоматического анализатора молока CombiFoss FT+ (Дания) в условиях лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Московское» по племенной работе.

В средних пробах определяли содержание молочного жира, белка, лактозы, сухого вещества, сухого обезжиренного вещества, мочевины.

Результат. За период проведения эксперимента среднесуточный удой коров-первотелок опытных групп был достоверно больше по сравнению с контролем. Анализ компонентного состава молока свидетельствует о том, что за счет повышения уровня кормления молоко коров опытных групп отличалось более высокой пищевой ценностью.

Ключевые слова: компоненты молока, коровы-первотелки, уровень кормления, продуктивность, энергетический баланс, период раздоя

Для цитирования: Цис Е.Ю., Дуборезов В.М. Характеристика компонентного состава молока первотелок при разном уровне кормления. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 86–92. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-86-92>

Characteristics of the component composition of milk from first-calf heifers at different feeding levels

ABSTRACT

Relevance. During the milking period, high-yielding cows mobilize body reserves, and the metabolism of new cows is precisely coordinated to meet the increased metabolic demands for milk synthesis.

The aim of the experiment was to study the effect of increased feeding level on the component composition of milk.

Methods. The studies were conducted in the breeding farm of the Moscow region JSC “Naro-Osanovsky” on first-calf cows, the duration of the experiment — 120 days. The groups (11 goals each) were formed according to the principle of pairs of analogues. The basic diet of the control group was balanced in all nutrients, minerals and vitamins. Feeding level of first heifers of the 1st and 2nd experimental groups from the first days of lactation was increased by additional inclusion of targeted protein-vitamin-mineral concentrate (PVMC).

Milk samples were taken during control milkings with registration of daily milk yield. The component composition of milk was determined using an infrared automatic milk analyzer “CombiFoss FT+” (Denmark) in the laboratory of selection control of milk quality of JSC “Moskovskoye” for breeding work.

In the average samples were determined milk fat, protein, lactose, dry matter, skim dry matter, urea.

Result. During the period of the experiment, the average daily milk yield of experimental cows was significantly higher compared to the control. The analysis of milk component composition indicates that due to the increased level of feeding, milk of cows of experimental groups was characterized by a higher nutritional value.

Key words: milk components, first-calf cows, feeding level, productivity, energy balance, milking period

For citation: Tsis E.Yu., Duborezov V.M. Characteristics of the component composition of milk from first-calf heifers at different feeding levels. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 86–92 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-86-92>

Введение/Introduction

Существенная роль в питании человека отводится молоку и молочным продуктам. Качество получаемой молочной продукции тесным образом связано с качеством товарного молока, так как соотношение отдельных компонентов в нем оказывает непосредственное влияние на его питательную ценность и технологические свойства получаемого продукта [1].

Первотелки в первые месяцы лактации испытывают огромные энергетические потребности для поддержания метаболического и эндокринного статуса, необходимые им для роста и развития, поддержания производства молока, функции воспроизводства [2].

Начало лактации представляет собой наиболее критическую фазу для регулирования поступления энергии, питательных веществ, поскольку происходит большое количество физиологических адаптаций в организме животных, направленных на поддержку активности молочной железы [3]. В период раздоя высокопродуктивные коровы мобилизуют резервы организма, чтобы отдать приоритет синтезу молока [4]. Фактически иерархия распределения питательных веществ полностью реорганизуется, метаболизм молочных желез лактирующих коров точно координируется для удовлетворения возросших метаболических потребностей в синтезе молока [3, 5].

Молочная продуктивность первотелок зависит от множества факторов, но основным из них в период раздоя является кормление. Для этого периода лактации характерны повышение удоев в течение первых месяцев, достижение своего максимального уровня продуктивности — пика лактации с дальнейшей стабилизацией и плавным снижением к концу лактации величины суточного удоя [6, 7].

Обеспеченность растущего организма коров-первотелок питательными веществами во многом зависит от количества потребляемого корма и его качества. Кормление молодых и растущих первотелок должно быть рациональным, многофакторным, сбалансированным, экономически целесообразным, для того чтобы стимулировать процессы метаболизма, оказывая положительное влияние на их молочную продуктивность [7–9].

Несбалансированное кормление, связанное с дефицитом энергии, питательных и биологически активных веществ, не обеспечивает растущий организм первотелок необходимыми элементами

питания, что приводит к снижению молочной продуктивности.

Цель исследования — изучение влияния повышенного уровня кормления коров на компонентный состав молока.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в 2022–2023 гг. в племенном хозяйстве АО «Наро-Осановский» (Московская обл., Россия) на голштинизированных первотелках черно-пестрой породы.

33 коровы-первотелки, выращенные в одинаковых условиях (рацион, содержание, микроклимат) были распределены на три группы (по 11 голов в каждой¹) при соблюдении требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей², и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

Учетный период — фаза раздоя: 120 дней.

В основной рацион подопытных животных входили объемистые корма: кукурузный силос, сенаж из злаково-бобовой смеси, сено злаковых трав, свежая пивная дробина; комбикорм, включающий зернофураж собственного производства; высокобелковые и балансирующие по минеральным веществам и витаминам добавки. Рацион был сбалансирован по всем питательным веществам⁴ согласно нормам потребностей молочного скота⁵ и содержал 211,6 МДж обменной энергии (ОЭ) и 3123 г сырого протеина (СП).

Первотелки опытных групп с первых дней лактации получали рационы с повышенным содержанием энергии, сырого протеина и питательных веществ: 1-я группа — 226,5 МДж ОЭ и 3362 г СП (повышение уровня кормления на 7–8% от потребности), 2-я группа — 241,4 МДж ОЭ и 3601 г СП (повышение уровня кормления на 14–15%) за счет дополнительного включения разработанного авторами экспериментального адресного (то есть с учетом разницы между потребностью в питательных, минеральных веществах и витаминах и фактическим их содержанием в основном рационе) белково-витаминно-минерального концентрата (БВМК)⁶, произведенного ООО «Инвар» (г. Воронеж, Россия). За счет включения глютен и зародыша семян кукурузы энергетическая ценность БВМК находилась на уровне 14,9 МДж, содержание протеина — 23,9%.

¹ ГОСТ 34088-2017 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными.

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

³ Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

⁴ Дуборезов В.М., Бойко И.И., Виноградов В.Н., Дуборезов И.В., Мишуров А.В. Руководство по расчету энергетической ценности объемистых кормов с учетом изменения химического состава и переваримости питательных веществ при длительном их хранении. eLIBRARY ID: 30788991, EDN: ZXTQLP

⁵ Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: Монография / Под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева. Москва. 2018: 290.

⁶ ГОСТ Р 51551-2000 Белково-витаминно-минеральные и амидо-витаминно-минеральные добавки. Технические условия.

Пробы молока отбирали во время проведения контрольных доек^{7, 8} (с регистрацией суточного удоя) в специальные пластиковые пробирки с бронеполлом в качестве консерванта. Компонентный состав молока (содержание молочного жира, белка, лактозы, сухого вещества, сухого обезжиренного вещества, мочевины) определяли с помощью инфракрасного автоматического анализатора молока CombiFoss FT+ (FOSS, Дания) в условиях лаборатории АО «Московское» по племенной работе» (г. Ногинск, Московская обл., Россия).

Статистический анализ полученных данных по продуктивности, компонентному составу молока проведен с использованием программного обеспечения MS Office Excel 2013 (США).

Различия считались значимыми при $p \leq 0,05$, тенденция к достоверности при условии $0,05 < p \leq 0,10$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Скармливание рационов с повышенным уровнем энергии и протеина оказало положительное влияние на содержание составных частей молока коров первотелок.

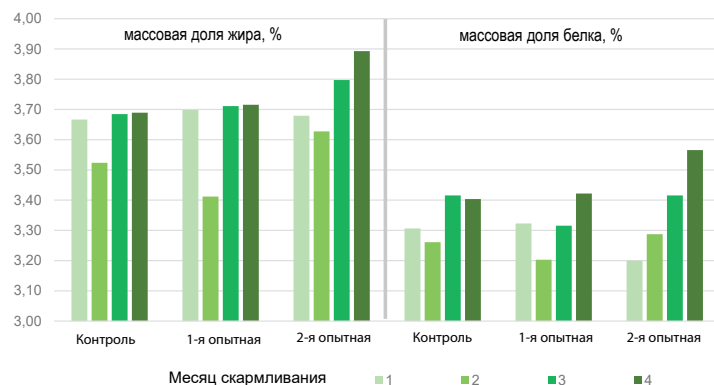
Содержание молочного жира на протяжении всего эксперимента находилось в пределах параметров для данной породы и указывало на обеспечение необходимой структуры рациона для подопытных животных. В первый месяц исследований установлено наименьшее значение данного показателя в контрольной и второй опытной группе с постепенным повышением к концу эксперимента.

В первой опытной группе среднее содержание молочного жира к 60-му дню исследований снизилось до 3,41% при уровне продуктивности 30,23 кг молока, снижение жирномолочности по сравнению с показателем на начало эксперимента составило 7,8%.

Результаты влияния повышенного уровня кормления на качественные показатели молока отображены на рисунке 1.

Рис. 1. Содержание жира и белка в молоке коров-первотелок в период эксперимента

Fig. 1. Fat and protein content during the experimental period



⁷ГОСТР 57878-2017 Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности крупного рогатого скота молочного и комбинированного направлений.

⁸ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Ч. 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

Другим, не менее важным качественным показателем молока является содержание молочного белка. Белок — индикатор обеспечения энергией организма животного. Установлено, что у животных второй опытной группы в первый месяц исследований содержание молочного белка было низким — 3,2%. По мнению авторов, это связано с низким накоплением жировых запасов в период стельности, недостаточным потреблением корма в первый месяц лактации, что в результате оказало влияние на синтез микробного протеина, который регулирует данный показатель.

В дальнейшем изменение содержания молочного белка коров-первотелок второй опытной группы имело положительную тенденцию. При этом наивысший показатель содержания молочного белка в данной группе находился на уровне 3,56%.

В исследовании Н.В. Папуши (2018 г.) сообщается, что при недостаточном поступлении энергии, необходимой для синтеза белка в рубце, значительная его часть выделяется в молоко в виде мочевины. При этом уровень мочевины может достигать критических значений и вызвать интоксикацию организма животного, как следствие, снижаются уровень молочной продуктивности и содержание молочного жира в молоке коров. В дальнейшем уровень мочевины будет находиться в пределах физиологических значений, однако продуктивность остается на сниженном уровне [8].

Максимальное значение концентрации сухого вещества (СВ) в среднем за период раздоя установлено в молоке коров-первотелок контрольного варианта — 12,89% (рис. 2). Однако первотелки второй опытной группы в первый месяц исследований характеризовались сравнительно низкой концентрацией СВ (12,44%) с дальнейшим повышением до 13,41%.

Эти данные согласуются с увеличением концентрации СОМО, содержания молочного белка и лактозы у животных второй опытной группы при оптимальном соотношении жира и белка.

Лактоза (или молочный сахар) по удельной массе составляет до 40% СВ молока. В работах российских ученых сообщается, что голштинизированные коровы имеют более высокий удельный вес молочного сахара по сравнению с бестужевской, черно-пестрой и айрширской породами [3, 6, 8, 10].

Потребность молочной железы в глюкозе, которая является основным источником энергии и единственным предшественником лактозы в период раздоя, увеличивается в 2–2,5 раза.

В данном исследовании, как и в работах других исследователей [10, 11], подтверждается роль синтеза лактозы как основного фактора, определяющего

изменения уровня молочной продуктивности.

Установлено, что в молоке коров-первотелок опытных групп, получавших повышенные уровни кормления, отмечено повышение синтеза лактозы. В первой опытной группе на 60-й день исследований увеличение составило 0,19 ($p = 0,0003$) по сравнению с аналогами контрольного варианта, к 120-мудню тенденция повышения сохранилась — 0,09 ($p = 0,09$), а в среднем за период раздоя — на 0,14 ($p = 0,009$). Так, в первой опытной группе уровень лактозы на 60-й день эксперимента был на 0,09 ($p = 0,04$) выше по сравнению со сверстницами второй опытной группы, что согласуется с данными молочной продуктивности.

С падением величины среднесуточного удоя на третьем месяце лактации уровень лактозы снижается. Во второй опытной группе отмечена такая же тенденция увеличения содержания лактозы в период раздоя. По мнению авторов, это обусловлено реакцией метаболизма молочных желез на повышение уровня энергии и сырого протеина в рационе, что привело к увеличению всасывания глюкозы в кишечнике и ЛЖК в рубце за счет изменения состава рациона (увеличению поступления крахмала и отдельных аминокислот) и в конечном итоге обеспечило более высокую их продуктивность по сравнению с аналогами контроля.

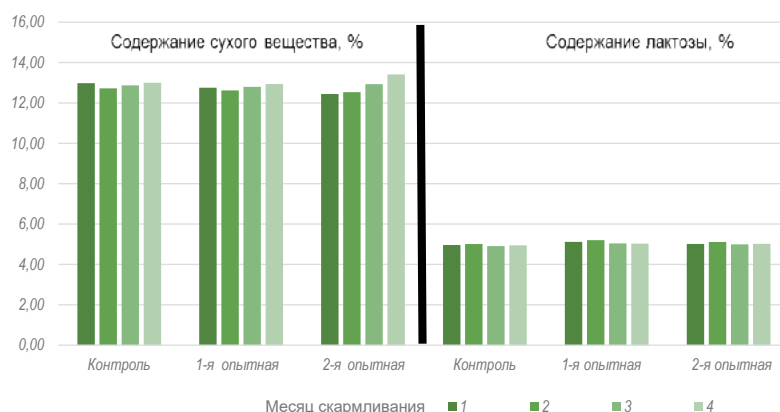
Эти данные согласуются с результатами работы А.Л. Дыдыкиной, А.В. Наконечного (2021 г.), где установлены выраженная положительная корреляция у коров холмогорской породы между величиной удоя и содержанием в молоке лактозы (+0,29) и слабовыраженная отрицательная — белка и лактозы (-0,15) [10].

В.В. Цюпко (2014 г.) в своей работе указывает, что объем продуцируемого молока определяется количеством лактозы, синтезированной в молочной железе. Таким образом, в молочной железе достаточно точно подготавливается дисперсная среда для выделения и существования в ней и дисперсионной фазы подвижных белков (казеина, альбумина, глобулина), и нерастворимых глобул жира.

Можно считать, что количество продуцированного молока определяется количеством синтезированной в эпителиальных клетках альвеол лактозы [11].

Концентрация СОМО в молоке коров подопытных животных была достаточно высокой и находилась в среднем за период исследований в пределах 10,06–10,15%, что указывает на получение молока с высокой питательной ценностью.

Рис. 2. Концентрация сухого вещества и лактозы молока в период раздоя
Fig. 2. Concentration of milk solids and Lactose during the milking period



Наивысший показатель СОМО установлен на 120-й день исследований во второй опытной группе — 10,41% ($p = 0,04$).

А.А. Алексеев и соавт. (2020 г.) сообщают о тенденции к более высоким показателям содержания СОМО при включении в рацион новотельных коров айрширской породы белковой кормовой муки и положительном ее влиянии на молочную продуктивность [2].

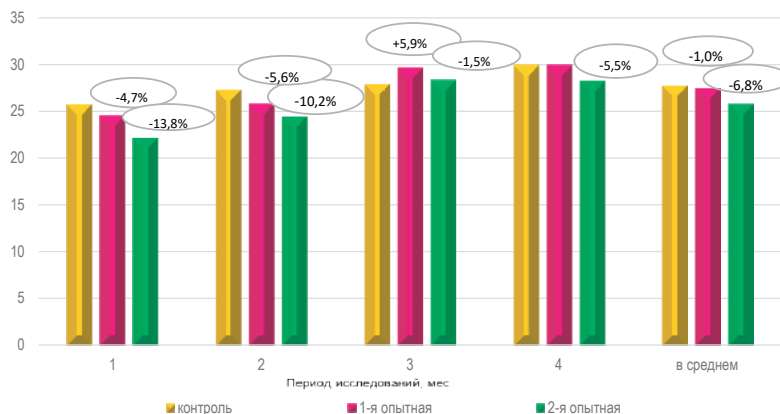
Питательная ценность рациона и содержание в нем протеина неразрывно взаимосвязаны с концентрацией мочевины в молоке. Физиологической нормой уровня мочевины в молоке высокопродуктивных коров принято считать от 20 до 35 мг/дл.

Систематический контроль концентрации мочевины в молоке в период лактации позволяет корректировать протеиновую составляющую рациона (тем самым снижать его себестоимость, оптимизировать использование азота животными) и предотвращает возникновение различных заболеваний, связанных с метаболическими изменениями, возникающими в период раздоя.

Сравнительный анализ изменения концентрации мочевины в молоке подопытных коров показал, что концентрация мочевины в течение первого месяца лактации была ниже, чем в последующие (рис. 3).

Рис. 3. Изменение концентрации мочевины в период раздоя при разном уровне кормления первотелок (% по отношению к контролю)

Fig. 3. Change in urea concentration during the milking period at different feeding levels of first-calf heifers (% in relation to control)



Анализ научных источников [3, 8, 11] показал, что концентрация мочевины в молоке аналогична лактационной кривой. F. Miglior (2006), Z. Cao *et al.* (2010), R.E. Jahnel *et al.* (2023), N.G. Hossein-Zadeh *et al.* (2011), напротив, сообщают, что у высокопродуктивных коров она имеет зеркальную форму.

Данные, полученные в исследовании, согласуются с выводами авторов [3, 8, 11], где пик уровня мочевины был в период раздоя и пришелся на 3–4-й месяц лактации (в момент наивысшего суточного удоя).

Авторами исследования отмечено, что у первотелок второй опытной группы, получавшей увеличенный уровень энергии (на 15%), синтез белка в рубце проходил более активно, что способствовало значительному снижению уровня мочевины в этой группе.

В период раздоя у первотелок второй опытной группы установлено снижение уровня мочевины на 3,56 мг/дл к 30-мудню исследований ($p = 0,07$), что свидетельствует о повышении эффективности использования азота микробиомом рубца. В среднем за период раздоя этот показатель во второй опытной группе был на 6,84% ниже значений контрольного варианта и составил 25,90 мг/дл, тогда как у аналогов контрольного варианта и коров-первотелок первой опытной группы был в среднем 27,80 и 27,52 мг/дл соответственно.

Таким образом, уровень мочевины служит важным маркером для оценки использования белка и энергетического баланса рациона дойных коров.

Снижение уровня мочевины в молоке коров, получавших повышенный уровень кормления за счет включения экспериментального БВМК, по мнению авторов, связано с повышением эффективности использования белка и не влияет на количество вырабатываемого белка молока коров-первотелок.

В таблице 1 представлены данные по оценке обеспеченности энергией и протеином первотелок по таким компонентам молока, как содержание белка в молоке и концентрация мочевины (рис. 1, 3).

У животных второй опытной группы, получавших более высокий уровень кормления, при равнозначном уровне продуктивности отмечен баланс энергии и протеина на протяжении всего эксперимента, в то время как у первотелок первой опытной группы на втором месяце лактации наблюдался недостаток энергетических резервов. В дальнейшем у коров-первотелок первой опытной группы баланс энергии и протеина установлен при снижении уровня продуктивности.

⁹ Косолапов В.М., Григорьев Н.Г., Фицев А.И., Гаганов А.П. Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров. М.: ФГУ РЦСК. 2008; 58. eLIBRARY ID: 21045194, EDN: RSNVLJ

¹⁰ Агафонов В.И., Кальницкий Б.Д., Лысов А.В. и др. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учетом доступности питательных веществ. Справочное руководство. Боровск. 2007; 136.

Таблица 1. Оценка полноценности кормов рациона первотелок по протеину и энергии в период раздоя
Table 1. Estimation of fodder completeness of first-calf diets in terms of protein and energy during the milking period

Месяц лактации	Удой, кг/сут	Соотношение «жир — белок» ⁹	Оценка обеспеченности рациона по концентрации мочевины и массовой доли белка в молоке ¹⁰
Контрольная группа			
1	24,09 ± 0,94	1,11	баланс энергии и протеина
2	29,36 ± 1,06	1,08	баланс энергии и протеина
3	29,36 ± 1,63	1,08	баланс энергии и протеина
4	27,91 ± 0,89	1,08	баланс энергии и протеина
1-я опытная группа			
1	24,63 ± 1,08	1,11	баланс энергии и протеина
2	30,23 ± 1,04	1,07	недостаток энергии
3	28,91 ± 0,94	1,12	баланс энергии и протеина
4	27,82 ± 1,13	1,08	баланс энергии и протеина
2-я опытная группа			
1	25,00 ± 0,93	1,15	баланс энергии и протеина
2	30,54 ± 0,56	1,11	баланс энергии и протеина
3	31,90 ± 1,46	1,12	баланс энергии и протеина
4	31,54 ± 1,23	1,09	баланс энергии и протеина

Примечание: достоверно при * $p < 0,05$.

Была проведена оценка полноценности кормления первотелок по соотношению жира и белка в молоке. Оптимальный показатель соотношения жира и белка в первую фазу лактации находился в диапазоне 1,1:1 до 1,25:1, что указывает на сбалансированность рациона коров-первотелок в период раздоя.

Выводы/Conclusions

Установлено, что увеличение относительно детализированных норм кормления в рационе коров-первотелок уровня обменной энергии и сырого протеина на 14–15% способствовало более активному синтезу белка в рубце, что подтверждается снижением уровня мочевины в молоке. Это привело к достоверному увеличению среднесуточного удоя по сравнению с контролем.

Повышение уровня кормления оказало положительное влияние на качественный состав молока. В частности, массовая доля жира в молоке коров опытных групп в среднем за период исследований превышала показатель контрольной группы на 0,11 абс. %, массовая доля белка — на 0,02 абс. %.

Анализ молока показал, что повышение продуктивности первотелок за счет включения в состав рациона БВМК не привело к дисбалансу энергии и протеина.

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенченко О.В., Миронова И.В., Косилов В.И. Молочная продуктивность и качество молока-сырья коров-первотелок черно-пестрой породы при скормлинии энергетика Промелакт. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016; (1): 90–93. <https://elibrary.ru/vpfdaf>
2. Дуборезов В.М. Кормление молочных коров по детализированным нормам. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (4): 52–54. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.19.15.009>
3. Алексеев А.А., Паюта А.А., Богданова А.А., Ошкина Г.К., Абрамова М.В. Эффективность использования белковой добавки в кормлении новотельных коров. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (11): 162–169. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-162-169>
4. Дуборезов В.М., Цис Е.Ю., Кувшинов В.Н., Рязанцев М.В. Рост и продуктивность первотелок при повышенном уровне кормления. *Комбикорма*. 2023; (11): 36–39. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2023-11-3-209>
5. Лашнева И.А., Косицин А.А. Сравнительная характеристика компонентного состава молока коров и коз на основе инфракрасной спектроскопии. *Молочное и мясное скотоводство*. 2021; (7): 8–13. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.15.18.002>
6. Скоркин В.К., Ларкин Д.К., Тихомиров И.А., Аксенова В.П. Характеристика качества молока и его зависимость от различных факторов. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2019; (1): 14–20. <https://elibrary.ru/zaiqyx>
7. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Состав молока как элемент контроля здоровья стада. *Аграрный вестник Урала*. 2022; (11): 70–79. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79>
8. Папуша Н.В. Мочевина молока как индикатор полноценности кормления коров черно-пестрой породы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018; (7): 76–80. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.73.7.015>
9. Wathes D.C. *et al.* Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*. 2007; 68(S1): S232–S241. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.006>
10. Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А. Влияние величины удоя и основных компонентов молока на содержание лактозы. *Молочная промышленность*. 2021; (2): 62–64. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-02-62-64>
11. Цюпко В.В. Изучение синтеза основных компонентов молока как составляющих полидисперсной системы. *Сельскохозяйственная биология*. 2014; (4): 99–105. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.99rus>
12. Miglior F., Sewalem A., Jamrozik J., Lefebvre D.M., Moore R.K. Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Effect on Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(12): 4886–4894. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72537-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72537-1)
13. Cao Z. *et al.* Effects of Parity, Days in Milk, Milk Production and Milk Components on Milk Urea Nitrogen in Chinese Holstein. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010; 9(4): 688–695.
14. Jahnel R.E., Blunk I., Wittenburg D., Reinsch N. Relationship between milk urea content and important milk traits in Holstein cattle. *Animal*. 2023. 17(5): 100767. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100767>
15. Hossein-Zadeh N.G., Ardalan M. Estimation of genetic parameters for milk urea nitrogen and its relationship with milk constituents in Iranian Holsteins. *Livestock Science*. 2011; 135(2–3): 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.07.020>
16. Зеленина О.В., Ермошина Е.В., Герасимова М.А. Уровень кормления и динамика удоев первотелок айрширской породы. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2021; (2): 81–87. <https://elibrary.ru/iawvlh>

FUNDING

The research was carried out within the framework of state assignment No. 124020200032-4 (FGGN-2024-0016).

REFERENCES

1. Senchenko O.V., Mironova I.V., Kosilov V.I. Dairy productivity and quality of raw milk produced by Black-Spotted first-calf heifers fed the Promelact feed additive. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016; (1): 90–93 (in Russian). <https://elibrary.ru/vpfdaf>
2. Duborezov V.M. Dairy cow feeding and nutrition according to detailed nutrition requirements. *Dairy and beef cattle farming*. 2020; (4): 52–54 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.19.15.009>
3. Alekseev A.A., Payuta A.A., Bogdanova A.A., Oshkina G.K., Abramova M.V. The efficiency of using protein additive in feeding of cows in the early lactation period. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; (11): 162–169 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-162-169>
4. Duborezov V.M., Tsis E.Yu., Kuvshinov V.N., Ryazantsev M.V. Growth and productivity of first-calf heifers at higher feeding levels. *Kombikorma*. 2023; (11): 36–39 (in Russian). <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2023-11-3-209>
5. Lashneva I.A., Kositsin A.A. Comparative characteristics of cow and goat milk component by MIR-spectroscopy. *Dairy and beef cattle farming*. 2021; (7): 8–13 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.15.18.002>
6. Skorkin V.K., Larkin D.K., Tikhomirov I.A., Akseanova V.P. MILK Quality characteristics and their dependence on various factors. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019; (1): 14–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/zaiqyx>
7. Chasovshchikova M.A., Gubanov M.V. Milk composition as an element of herd health control. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; (11): 70–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79>
8. Papusha N.V. Milk urea as an indicator of the usefulness of feeding black-and-white cows. *International Scientific Research Journal*. 2018; (7): 76–80 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.73.7.015>
9. Wathes D.C. *et al.* Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*. 2007; 68(S1): S232–S241. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.006>
10. Dydykina A.L., Nakonechny A.A. Influence of milk yield and the main components of milk on the lactose content. *Dairy Industry*. 2021; (2): 62–64 (in Russian). <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-02-62-64>
11. Tsyupko V.V. Study of the synthesis of milk main ingredients as components of a polydisperse system. *Agricultural Biology*. 2014; (4): 99–105. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.99eng>
12. Miglior F., Sewalem A., Jamrozik J., Lefebvre D.M., Moore R.K. Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Effect on Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(12): 4886–4894. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72537-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72537-1)
13. Cao Z. *et al.* Effects of Parity, Days in Milk, Milk Production and Milk Components on Milk Urea Nitrogen in Chinese Holstein. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010; 9(4): 688–695.
14. Jahnel R.E., Blunk I., Wittenburg D., Reinsch N. Relationship between milk urea content and important milk traits in Holstein cattle. *Animal*. 2023. 17(5): 100767. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100767>
15. Hossein-Zadeh N.G., Ardalan M. Estimation of genetic parameters for milk urea nitrogen and its relationship with milk constituents in Iranian Holsteins. *Livestock Science*. 2011; 135(2–3): 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.07.020>
16. Zelenina O.V., Ermoshina E.V., Gerasimova M.A. The level of feeding and the dynamics of milk yields of the first heifers of the Ayrshire breed. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2021; (2): 81–87 (in Russian). <https://elibrary.ru/iawvlh>

ОБ АВТОРАХ

Елена Юрьевна Цис

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
отдела кормления сельскохозяйственных животных
tsis-elen@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

Василий Мартынович Дуборезов

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник отдела кормления
сельскохозяйственных животных
korma10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3228-6739>

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Yurievna Tsis

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher
at the Department of Feeding Farm Animals
tsis-elen@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

Vasily Martynovich Duborezov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher of the Department of Feeding
Farm Animals
korma10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3228-6739>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,
60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132,
Russia

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И САММИТ



МЯСНАЯ & КУРИНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ & КОРОЛЬ
ИНДУСТРИЯ ХОЛОДА для АПК
MAP Russia 2025

27–29 МАЯ

Москва, Россия



Реклама



Асти Групп
выставочная компания

Организатор:
ООО «Выставочная компания Асти Групп»
Тел. / WA Business: +7 (495) 797 6914
E-mail: info@meatindustry.ru
www.meatindustry.ru



С.Н. Марзанова¹ ✉Д.А. Девришов¹К.Ф. Фатахов¹Н.С. Марзанов²

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия

²Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

✉ s.marzanova@mail.ru

Поступила в редакцию: 26.08.2024

Одобрена после рецензирования: 10.12.2024

Принята к публикации: 25.12.2024

© Марзанова С.Н., Девришов Д.А.,
Фатахов К.Ф., Марзанов Н.С.

Saïda N. Marzanova¹ ✉Davudai A. Devrishov¹Kurban F. Fatakhov¹Nurbii S. Marzanov²

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia

²L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow region, Russia

✉ s.marzanova@mail.ru

Received by the editorial office: 26.08.2024

Accepted in revised: 10.12.2024

Accepted for publication: 25.12.2024

© Marzanova S.N., Devrishov D.A.,
Fatakhov K.F., Marzanov N.S.

Состояние исследований главного комплекса гистосовместимости (OLA) у овец

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучение полиморфизма генов главного комплекса гистосовместимости, номенклатуры локусов, обозначения аллелей OLA у овец, ассоциативная связь с резистентностью или чувствительностью к паразитарным и инфекционным болезням.

Цель исследования — состояние изученности главного комплекса гистосовместимости (OLA) у овец.

В работе использовали системный анализ, статистический обзор литературных данных из российских и зарубежных источников по изученности главного комплекса гистосовместимости овец (OLA). По уровню изученности OLA овцы входят в десятку известных видов животных: приматы, собаки, кошки, лошади, овцы, козы, свиньи, крупный рогатый скот, лососи и мыши. OLA участвует в работе иммунной системы овец и кодирует белки распознавания чужеродных антигенов. Исследованиями ряда ученых показано, что гены OLA обладают значительным полиморфизмом наряду с другими генетическими маркерами. В связи с этим идет интенсивное формирование OLA номенклатуры (уже известны 10 локусов). Установлены локусы и аллели, определяющие устойчивость или чувствительность к паразитарным и другим болезням. Это позволит в дальнейшем вести отбор и формировать популяции устойчивых животных к определенным инфекционным началам. Знание генетической структуры в локусах DRB1 и DQB овец даст возможность разработать реагентно-программный комплекс для исследований по оценке уровня полиморфности OLA у различных пород овец. Генотипирование овец на ранних стадиях развития по генам главного комплекса гистосовместимости позволит выявлять животных, устойчивых или восприимчивых к заболеваниям.

Ключевые слова: овцы, главный комплекс гистосовместимости, OLA, полиморфизм, локус, антигены, генотипы, аллели, паразитарные и инфекционные болезни

Для цитирования: Марзанова С.Н., Девришов Д.А., Фатахов К.Ф., Марзанов Н.С. Состояние исследований главного комплекса гистосовместимости (OLA) у овец. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 93–99.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-93-99>

Status of research on the major histocompatibility complex (OLA) in sheep

ABSTRACT

Relevance. To study the polymorphism of genes of the main histocompatibility complex, the nomenclature of loci, the designation of OLA alleles in sheep, the associative relationship with resistance or sensitivity to parasitic and infectious diseases.

The aim of the study is the state of knowledge of the main histocompatibility complex (OLA) in sheep.

System analysis, statistical review of literature data from Russian and foreign sources on the study of sheep major histocompatibility complex (OLA) were used in this work. According to the level of study of OLA, sheep are among ten known animal species: primates, dogs, cats, horses, sheep, goats, pigs, cattle, salmon and mice. OLA is involved in the immune system of sheep and encodes foreign antigen recognition proteins. Studies by a number of scientists have shown that OLA genes have significant polymorphism, along with other genetic markers. In this regard, the OLA nomenclature is being intensively formed (10 loci are already known). The loci and alleles determining resistance or susceptibility to parasitic and other diseases have been identified. This will allow further selection and formation of populations of resistant animals to certain infectious origins. Knowledge of the genetic structure in DRB1 and DQB loci of sheep will make it possible to develop a reagent-software complex for studies to assess the level of OLA polymorphism in different breeds of sheep. Genotyping of sheep at early stages of development by genes of the main histocompatibility complex will make it possible to identify animals resistant or susceptible to diseases.

Key words: sheep, main histocompatibility complex, OLA, polymorphism, loci, antigens, genotypes, alleles, parasitoses and other infectious diseases

For citation: Marzanova S.N., Devrishov D.A., Fatakhov K.F., Marzanov N.S. Status of research on the major histocompatibility complex (OLA) in sheep. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 93–99 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-93-99>

Введение/Introduction

У овец, как и у других сельскохозяйственных животных, идентифицированы генетические локусы главного комплекса гистосовместимости (Ovine leukocyte antigen, OLA). В настоящее время уже четко известно, что главный комплекс гистосовместимости (MHC) является мультигенным семейством, проявляющимся необычным полиморфизмом отдельных локусов, высоким уровнем их гетерозиготности у отдельных индивидуумов. OLA, как MHC человека и других видов животных, по своей структуре подразделяется на три крупных семейства, обозначенных как антигены класса I, класса II и класса III [1].

Установлены аллели, определяющие устойчивость организма к определенным инфекционным болезням. Так, у овец суффолкской породы в Ирландии показан механизм устойчивости к нематодам, маркером которого явился аллель DRB1*1101 класса II OLA. У крупного рогатого скота выявлен DRB3*011:01 аллель BoLA, отражающий устойчивость животных к лейкозу [2, 3].

Исследованиями у овец установлено, что OLA-гены Ovar-DRB1 и Ovar-DQB привлекают значительное внимание иммуногенетиков из-за их участия в презентации и распознавании чужеродных антигенов [4, 5]. У специалистов данного направления сложилось понимание о важности генетического разнообразия и вариабельности генов Ovar-DRB1 и Ovar-DQB для программ разведения и усилий по сохранению пород овец, устойчивых к различным заболеваниям [6].

Таким образом, OLA играет решающую роль в том, как иммунная система различает свои клетки от чужеродных и формирует иммунологический ответ на инфекции. Поэтому генотипирование животных по OLA-генам является важным для понимания работы иммунной системы и развития методов диагностики различных заболеваний, связанных с иммунитетом.

Самыми изученными животными по OLA наряду с овцами являются приматы, собаки, рыбы, крупный рогатый скот, лошади, свиньи, крысы, куры, козы.

Под эгидой Международного общества генетики животных (МОГЖ)¹ (International Society for Animal Genetics, ISAG) создан проект базы данных по OLA (Immuno Polymorphism Database, IPD-MHC)². Он собирает и экспертно отслеживает генотипы и аллели локусов OLA у различных видов животных и предоставляет инфраструктуру и инструменты для проведения точного анализа.

С момента первого выпуска базы данных в 2003 году IPD-MHC расширился и в настоящее время содержит ряд конкретных разделов (более 7000 аллелей от 70 видов) [7].

Цель исследований — анализ работ, посвященных состоянию изученности генов OLA у овец и естественной устойчивости или чувствительности к различным инфекционным факторам.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В работе использовали системный анализ, статистический обзор литературных данных из российских и зарубежных источников. Поиск осуществлялся в базах eLibrary, Cyberleninka, PubMed, в базе иммунополиморфизмов IPD и на сайте Researchgate в соответствии с разработанной стратегией учета критериев включения и невключения полнотекстовой публикации или генетических структур в тот или иной локус.

Глубина поиска — 45 лет. Для подготовки обзора проводили отбор публикаций, в которых оценивали описание генов OLA у овец, наличие методики их исследования. Стратегия поиска представлена в таблице 1.

Поиск литературы осуществлялся по поисковым запросам OLA DRB sheep, OLA DQB sheep, OLA у овец. Дополнительно осуществляли поиск по спискам литературы полнотекстовых статей с

Таблица 1. Принцип поиска научной литературы по OLA

Table 1. Principle of searching scientific literature using OLA

Поиск информации в библиографических электронных базах данных eLibrary, Cyberleninka, PubMed, в базе иммунополиморфизмов IPD и на сайте Researchgate		
1-й этап	Поисковые запросы	Количество обнаруженных публикаций
	OLA DRB sheep, OLA DQB sheep, OLA у овец	69
	Отсеяно по причине	
2-й этап	несоответствия цели исследования	30
	Отобрано	39
	Поиск полнотекстовых статей по выходным данным в библиографических электронных базах данных eLibrary, Cyberleninka, PubMed, в базе иммунополиморфизмов IPD и на сайте Researchgate и их оценка по критериям	
	Критерии включения	Критерии невключения
3-й этап	Наличие полнотекстовой публикации, отвечающей цели исследования	Отсутствие полнотекстовой публикации, отвечающей цели исследования
	Наличие информации о генах DRB и DQB, описание OLA овец	Отсутствие информации о генах DRB и DQB и описания OLA овец
	Включены в исследование 39 статей	Исключены 30 статей
4-й этап	Сбор данных из статей, включенных в исследование, по параметрам: фамилия и инициалы первого автора исследования, страна, ссылка, год публикации, наличие информации о генах DRB и DQB, описание OLA овец, результат	

¹ International Society for Animal Genetics, ISA.

² Immuno Polymorphism Database (IPD-MHC). <https://www.ebi.ac.uk/ipd/mhc/>

³ [https://www.ebi.ac.uk/ipd/mhc/allele/list/?query=eq\(organism.name,Ovar\)#panelAdvanced](https://www.ebi.ac.uk/ipd/mhc/allele/list/?query=eq(organism.name,Ovar)#panelAdvanced)

последующим поиском источников на перечисленных электронных ресурсах.

В исследование включали полнотекстовые статьи, отвечающие цели исследования, год публикации которых попадал в промежуток 1979–2024 гг. Такой большой диапазон обусловлен тем, что в действительности в мире на сегодняшний день мало публикаций, посвященных OLA.

Таким образом, окончательный наиболее полный на момент проведения исследования список включал 39 публикаций, из которых извлекали информацию по параметрам: фамилия и инициалы первого автора исследования, ссылка, год публикации, наличие информации об OLA, генах DRB, DQB, наличие методики исследований.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В последние годы проводятся интенсивные исследования по разработке методик для улучшения определения структур OLA, изучения географии антигенов, аллелей и генотипов OLA у овец. Это видно из представленных доктором K. Ballingall и профессором M. Stear материалов, которые были предложены ими на заседании Комитета по сравнительной номенклатуре OLA МНС 28 сентября 2005 года (г. Глазго, Великобритания). Позднее более четко эти результаты были воспроизведены в работе S. Ellis *et al.* [8].

Вместе с группой ученых, работающих по другим видам животных, удалось дать классификацию по аллелям и генотипам 10 локусов класса II и I OLA у овец. Международным коллективом специалистов было предложено, чтобы полученные материалы по OLA максимально соответствовали стандартам, которые даны для человеческих лейкоцитарных антигенов (HLA) и крупного рогатого скота (BoLA) [9–14].

Принципиальным явилось использование различных видовых обозначений внутри рода *Ovis*. Например, последовательности, полученные от домашней овцы *Ovis aries*, будут иметь префикс Ovar. Аллели от других видов рода *Ovis* будут использовать видоспецифичный префикс Ovca для толсторогого барана (*Ovis canadensis*), обитающего на территории Канады и США.

Ovda для барана Дálла (*Ovis Dalli*), или тонкого барана, будут называться независимо от аллелей Ovda-DRB1. Ovar-DRB1*01:01 будет использоваться в качестве эталона при сравнении последовательностей у видов рода *Ovis* при характеристике полученных данных.

Обновленную информацию рекомендаций по характеристике аллелей в локусах OLA можно найти в работе K.T. Ballingall *et al.* [15]. В 2016 году было решено, что в соответствии с номенклатурой HLA [16] вся номенклатура аллелей овец должна включать использование двоеточия для определения аллельного семейства и члена семейства, а также дополнительное разнообразие в кодирующих и некодирующих областях гена.

OLA у овец был впервые определен серологическими методами [17]. У овец были описаны три локуса OLA класса I (A, B и C), контролирующие 16 специфичностей [18].

Позднее организация и полиморфизм генов МНС овец были изучены методом Саузерн-блот с использованием кДНК-зондов МНС человека класса I, класса II и C4 [19]. Затем R. Hediger [20] и R. Hediger *et al.* [21], а потом E.A. Mahdy *et al.* [22] методом гибридизации *in situ* с использованием кДНК-зонда класса I человека определили OLA на 20-й хромосоме между участками q15-q23.

Антигены OLA подразделяются на антигены класса I и класса II. В OLA класса I включены 32 аллеля Ovar-N локуса. Класс II OLA (Ovine leukocyte antigen) представлен аллелями пяти полиморфных локусов овец: DRB1 ($n = 130$), DQB2 ($n = 27$), DQB1 ($n = 22$), DQA2 ($n = 14$), DQA1 ($n = 12$). В этот список входят два локуса — Ovca-DRA ($n = 10$) и Ovca-DRB1 ($n = 8$), выявленные у канадских толсторогов (лабораторное обозначение — Ovca от *Ovis canadensis*).

В список вошли еще два близкие к DQB человека локуса — Ovar-DQB2like ($n = 4$) и Ovar-DQA2like ($n = 3$) — с соответствующими лабораторными обозначениями (*like* — подобный).

Все антигены представлены на поверхности соматических клеток и необходимы для распознавания трансформированных клеток цитотоксическими Т-лимфоцитами. Классифицированные антигены класса I и класса II обусловлены 262 аллелями 10 локусов овец.

Антигены OLA класса II находятся на поверхности макрофагов и В-лимфоцитов. Важнейшая функция антигенов класса II — обеспечение взаимодействия с Т-лимфоцитами в процессе иммунного ответа на чужеродные антигены.

Номенклатура OLA класса I

Номенклатура HLA класса I положена в основу аналогичной структуры OLA овец. Названия аллелей основаны на аминокислотной последовательности и состоят из 5–9 цифр. Первые три цифры обозначают «группу» аллеля, вторые две указывают на изменение кодирования, следующие две указывают на изменения некодирующей части, а последние две показывают на изменения в промоторе (интроне). Каждая группа отделяется двоеточием [8, 10, 12].

Назначение локуса OLA класса I

Судя по генетическому анализу транскрибируемых генов OLA класса I у овец, вполне вероятно, что локусы класса I различаются между гаплотипами, и зачастую точное отнесение отдельных аллелей к определенному локусу пока невозможно [23, 24], поэтому все аллели класса I имеют префикс N, обозначающий «не присвоено», и пронумерованы в одной серии.

Следует отметить ограниченное количество доступных последовательностей, что не позволяет

различать ранее открытые и недавно обнаруженные аллели.

Характеристика аллелей OLA класса II

Номенклатура аллелей. У овец (*Ovis aries*) DRB1 является основным транскрибируемым и полиморфным локусом [25]. В таблице 2 представлены 20 аллелей и принятая номенклатура по обозначению аллелей в локусах Ovar-DRB1 и Ovar-N. Первые две цифры после обозначения вида и локуса (Ovar-DRB1) представляют собой аллельное семейство (Ovar-DRB1*01,*02 и т. д.). Антигены внутри семейства различаются не более чем на четыре аминокислоты формируемого им белка и кодируемые вторым экзоном аллеля.

Следующие две цифры указывают на изменение кодирования внутри аллельного семейства или в кодирующей области (Ovar-DRB1*01:01, Ovar-DRB1*01:02), а другие две цифры (Ovar-DRB1*01:01:02) можно использовать для указания молчащих или синонимичных замен (изменений, не влияющих на структуру белка) внутри кодирующей области, вследствие чего замена нуклеотида в кодирующей части гена не вызывает изменений в последовательности аминокислот белка. Дополнительные две цифры могут использоваться для идентификации аллельных различий внутри интронных областей.

Состояние изученности генетических маркеров у овец

Первые исследования по изучению OLA овец были начаты в конце 70-х годов прошлого века. Они касались выявления антигенов OLA класса I с помощью реакции цитотоксичности между лейкоцитарными антигенами и аллоиммунными сыворотками.

Аллоиммунные сыворотки были получены в процессе иммунизации овец-реципиентов сначала цельной кровью, а затем чистыми лейкоцитами овцы-донора. Первые работы во Франции показали многообразие антигенов на оболочках лейкоцитов. В процессе проведенных целенаправленных абсорбций в стране был накоплен банк сывороток-реагентов для выявления лейкоцитарных антигенов OLA класса I [17, 18].

В данной работе представлена характеристика локусов OLA, обладание которыми у конкретных пород овец могут с высокой вероятностью показать устойчивость или восприимчивость к различным заболеваниям. Выявлен ряд аллелей генов OLA класса II, отражающих обладание животных защитными свойствами относительно конкретных заболеваний, вызванных паразитами или другими инфекционными источниками [5, 26–29].

В процессе разработки маркерной селекции было показано ранее, что использование других типов маркирующих систем (групп крови, полиморфных систем белков крови, микросателлитов) позволили определить корреляции с уровнем гомо- и гетерозиготности пород, установления

Таблица 2. Система OLA, код, обозначение и статус выявленных аллелей у овец³

Table 2. OLA system, code, designation and status identified alleles in sheep

№ п/п	Код аллеля	Обозначение аллеля	Система	Статус аллеля
1	OLA02424	Ovar-DRB1*03:02	OLA	типируется
2	OLA02425	Ovar-DRB1*04:01	OLA	типируется
3	OLA02426	Ovar-DRB1*01:01	OLA	типируется
4	OLA02427	Ovar-DRB1*05:01	OLA	типируется
5	OLA02428	Ovar-DRB1*09:01	OLA	типируется
6	OLA02429	Ovar-DRB1*03:01	OLA	типируется
7	OLA02430	Ovar-DRB1*03:03	OLA	типируется
8	OLA02431	Ovar-DRB1*07:01	OLA	типируется
9	OLA02432	Ovar-N*01:01	OLA	типируется
10	OLA02433	Ovar-N*02:01	OLA	типируется
11	OLA02434	Ovar-N*50:02	OLA	типируется
12	OLA02435	Ovar-N*50:01	OLA	типируется
13	OLA02436	Ovar-N*07:01	OLA	типируется
14	OLA02437	Ovar-N*03:01	OLA	типируется
15	OLA02438	Ovar-N*08:01	OLA	типируется
16	OLA02439	Ovar-N*05:01	OLA	типируется
17	OLA02440	Ovar-N*04:01	OLA	типируется
18	OLA02441	Ovar-N*50:00	OLA	типируется
19	OLA02442	Ovar-N*50:03	OLA	типируется
20	OLA02443	Ovar-N*06:01	OLA	типируется

моно- и дизиготности ягнят в многоплодных пометах.

Показать генетические особенности породы по конкретному локусу. Так, установлено, что Ma- и Mb-антигены M-системы групп крови принимают участие в работе калиево-натриевого насоса в эритроцитах крови овец. Гомозиготный I^{i/i} генотип обладает эпистазирующим действием относительно антигенов, аллелей и генотипов R-системы групп крови. Причем рецессивный Iⁱ-аллель чаще всего встречается у овец романовской породы, у нее же самый высокий уровень встречаемости HB^A против HB^B в локусе гемоглобина, что связано с использованием ограниченного числа баранов-производителей при ее создании.

Следствием данного явления служит еще то, что романовская порода длительное время разводится во влажных условиях Центральной России. Белок A, вырабатываемый HB^A-аллелем, обладает более высоким сродством к кислороду, что позволяет романовской породе выживать в трудных условиях ее разведения. У нее самый низкий уровень гетерозиготности по микросателлитам относительно других пород, что связано с закрытостью породы.

Авторами начаты работы по диагностике аллелей и генотипов по Y-хромосоме. У овец романовской породы выявлены три мутации, ответственные за многоплодие [30–34].

Что касается исследований, связанных с OLA, то следует отметить необходимость разработки методов генотипирования по двум классам OLA

для оценки пород овец и получения устойчивых животных к инфекционным заболеваниям, разводимых в условиях Российской Федерации.

В ряде стран мира накоплен определенный опыт по использованию OLA класса I и класса II для оценки пород овец. Так, некоторые генетические признаки OLA тесно связаны с ростом и развитием ягнят, репродуктивными признаками у овец, формированием адаптивных способностей к климатическим условиям, устойчивостью к некоторым заболеваниям у локальных пород овец. Углубление иммуногенетических исследований позволит созданию новых типов животных, обладающих устойчивостью к разного рода инфекциям в естественных (зачастую жестких) условиях внешней среды [29, 35–39].

Выводы/Conclusion

Знание генетической структуры и разнообразие аллелей в локусах DRB1 и DQB овец дадут возможность разработать реагентно-программный комплекс для исследований по оценке уровня разнообразия в локусах OLA у пород овец. Генотипирование овец на ранних стадиях развития по генам OLA позволит выявлять животных, устойчивых или восприимчивых к заболеваниям. При этом состояние исследований OLA у овец для проведения направленной селекционной работы в борьбе с инфекционными заболеваниями на территории Российской Федерации очень незначительное не только в овцеводстве, но и в целом во всей области животноводства, что дает стимул к изучению актуального вопроса.

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00197.
<https://rscf.ru/project/24-26-00197/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00197.
<https://rscf.ru/project/24-26-00197/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Омарова Ф.А., Дроков М.Ю., Хамаганова Е.Г. Главный комплекс гистосовместимости: история открытия, эволюция, строение, значение при трансплантации аллогенных гемопоэтических стволовых клеток. *Трансплантология*. 2023; 15(2): 251–265. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-251-265>
2. Hassan M. *et al.* The dynamic influence of the *DRB1*1101* allele on the resistance of sheep to experimental *Teladorsagia circumcincta* infection. *Veterinary Research*. 2011; 42: 46. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-46>
3. Longeri M. *et al.* Association Between BoLA-DRB3.2 Polymorphism and Bovine Papillomavirus Infection for Bladder Tumor Risk in Podolica Cattle. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 630089. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.630089>
4. Portanier E. *et al.* Both candidate gene and neutral genetic diversity correlate with parasite resistance in female Mediterranean mouflon. *BMC Ecology*. 2019; 19: 12. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0228-x>
5. Esmailnejad A., Ganjani V., Hosseini-Nasab E., Nazifi S. Association of Ovar-DRB1 alleles with innate immune responses in sheep. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(2): 752–757. <https://doi.org/10.1002/vms3.683>
6. Salim B. *et al.* Exploring genetic diversity and variation of *Ovar-DRB1* gene in Sudan Desert Sheep using targeted next-generation sequencing. *BMC Genomics*. 2024; 25: 160. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10053-3>
7. Maccari G. *et al.* IPD-MHC 2.0: an improved inter-species database for the study of the major histocompatibility complex. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(D1): D860–D864. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1050>
8. Ellis S.A. *et al.* ISAG/IUIS-VIC Comparative MHC Nomenclature Committee report, 2005. *Immunogenetics*. 2006; 57(12): 953–958. <https://doi.org/10.1007/s00251-005-0071-4>
9. Radwan J., Babik W., Kaufman J., Lenz T.L., Winternitz J. Advances in the Evolutionary Understanding of MHC Polymorphism. *Trends in Genetics*. 2020; 36(4): 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2020.01.008>
10. Robinson J., Barker D.J., Georgiou X., Cooper M.A., Flicek P., Marsh S.G.E. IPD-IMGT/HLA Database. *Nucleic Acids Research*. 2020; 48(D1): D948–D955. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz950>
11. Vasoya D. *et al.* High throughput analysis of MHC-I and MHC-DR diversity of Brazilian cattle populations. *HLA*. 2021; 98(2): 93–113. <https://doi.org/10.1111/tan.14339>

REFERENCES

1. Omarova F.A., Drokov M.Yu., Khamaganova E.G. Major histocompatibility complex: history of discovery, evolution, structure, significance for transplantation of allogeneic hematopoietic stem cells. *Transplantologia. The Russian Journal of Transplantation*. 2023; 15(2):251–265. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-251-265>
2. Hassan M. *et al.* The dynamic influence of the *DRB1*1101* allele on the resistance of sheep to experimental *Teladorsagia circumcincta* infection. *Veterinary Research*. 2011; 42: 46. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-42-46>
3. Longeri M. *et al.* Association Between BoLA-DRB3.2 Polymorphism and Bovine Papillomavirus Infection for Bladder Tumor Risk in Podolica Cattle. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 630089. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.630089>
4. Portanier E. *et al.* Both candidate gene and neutral genetic diversity correlate with parasite resistance in female Mediterranean mouflon. *BMC Ecology*. 2019; 19: 12. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0228-x>
5. Esmailnejad A., Ganjani V., Hosseini-Nasab E., Nazifi S. Association of Ovar-DRB1 alleles with innate immune responses in sheep. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(2): 752–757. <https://doi.org/10.1002/vms3.683>
6. Salim B. *et al.* Exploring genetic diversity and variation of *Ovar-DRB1* gene in Sudan Desert Sheep using targeted next-generation sequencing. *BMC Genomics*. 2024; 25: 160. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10053-3>
7. Maccari G. *et al.* IPD-MHC 2.0: an improved inter-species database for the study of the major histocompatibility complex. *Nucleic Acids Research*. 2017; 45(D1): D860–D864. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1050>
8. Ellis S.A. *et al.* ISAG/IUIS-VIC Comparative MHC Nomenclature Committee report, 2005. *Immunogenetics*. 2006; 57(12): 953–958. <https://doi.org/10.1007/s00251-005-0071-4>
9. Radwan J., Babik W., Kaufman J., Lenz T.L., Winternitz J. Advances in the Evolutionary Understanding of MHC Polymorphism. *Trends in Genetics*. 2020; 36(4): 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2020.01.008>
10. Robinson J., Barker D.J., Georgiou X., Cooper M.A., Flicek P., Marsh S.G.E. IPD-IMGT/HLA Database. *Nucleic Acids Research*. 2020; 48(D1): D948–D955. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz950>
11. Vasoya D. *et al.* High throughput analysis of MHC-I and MHC-DR diversity of Brazilian cattle populations. *HLA*. 2021; 98(2): 93–113. <https://doi.org/10.1111/tan.14339>

12. Barker D.J. *et al.* The IPD-IMGT/HLA Database. *Nucleic Acids Research*. 2023; 51(D1): D1053–D1060. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac1011>
13. Silwamba I. *et al.* High throughput analysis of MHC class I and class II diversity of Zambian indigenous cattle populations. *HLA*. 2023; 101(5): 458–483. <https://doi.org/10.1111/tan.14976>
14. Francisco R.d.S. *et al.* Differential haplotype expression in class I MHC genes during SARS-CoV-2 infection of human lung cell lines. *Frontiers in Immunology*. 2023; 13: 1101526. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1101526>
15. Ballingall K.T., Herrmann-Hoesing L., Robinson J., Marsh S.G.E., Stear M.J. A single nomenclature and associated database for alleles at the major histocompatibility complex class II *DRB1* locus of sheep. *Tissue Antigens*. 2011; 77(6): 543–556. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2011.01637.x>
16. Marsh S.G.E. *et al.* Nomenclature for factors of the HLA system, 2010. *Tissue Antigens*. 2010; 75(4): 291–455. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2010.01466.x>
17. Millot P. Genetic control of lymphocyte antigens in sheep: The *OLA* complex and two minor loci. *Immunogenetics*. 1979; 9: 509–534. <https://doi.org/10.1007/BF01570447>
18. Millot P. The *OLA* major histocompatibility complex of sheep. Study of six new factors and evidence of a third locus of the complex *OLA-C*. *Experimental and Clinical Immunogenetics*. 1984; 1(1): 31–42.
19. Chardon P. *et al.* Analysis of the sheep MHC using HLA class I, class II and C4 cDNA probes. *Immunogenetics*. 1985; 22(4): 349–358. <https://doi.org/10.1007/BF00430918>
20. Hediger R. Die *in situ* hybridisierung zur genkartierung beim rind und schaf. Ph.D. Thesis. Zurich: Eidgenossischen Technischen Hochschule. 1988; 163.
21. Hediger R., Ansari H.A., Stranzinger G.F. Chromosome banding and gene localizations support extensive conservation of chromosome structure between cattle and sheep. *Cytogenetics and Cell Genetics*. 1991; 57(2–3): 127–134. <https://doi.org/10.1159/000133131>
22. Mahdy E.A., Mäkinen A., Chowdhary B.P., Andersson L., Gustavsson I. Chromosomal localization of the ovine major histocompatibility complex (*OLA*) by *in situ* hybridization. *Hereditas*. 1989; 111(1): 87–90. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1989.tb00381.x>
23. Miltiadou D., Ballingall K.T., Ellis S.A., Russel G.C., McKeever D.J. Haplotype characterization of transcribed ovine major histocompatibility complex (MHC) class I genes. *Immunogenetics*. 2005; 57(7): 499–509. <https://doi.org/10.1007/s00251-005-0008-y>
24. Vasoya D., Connelley T., Tzelos T., Todd H., Ballingall K.T. Large scale transcriptional analysis of MHC class I haplotype diversity in sheep. *HLA*. 2024; 103(2): e15356. <https://doi.org/10.1111/tan.15356>
25. Bay V., Keleş M., Aymaz R., Hatipoğlu E., Öner Y., Yaman Y. Documentation of extensive genetic diversity in the *Ovar-DRB1* gene in native Turkish sheep. *Animal Biotechnology*. 2021; 32(4): 507–518. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1884086>
26. Ali A.O.A. *et al.* Association of MHC class II haplotypes with reduced faecal nematode egg count and IgA activity in British Texel sheep. *Parasite Immunology*. 2019; 41(7): e12626. <https://doi.org/10.1111/pim.12626>
27. Stear A. *et al.* Identification of the amino acids in the Major Histocompatibility Complex class II region of Scottish Blackface sheep that are associated with resistance to nematode infection. *International Journal for Parasitology*. 2019; 49(10): 797–804. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.05.003>
28. Stear M., Preston S., Piedrafita D., Donskow-Lysoniewska K. The Immune Response to Nematode Infection. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(3): 2283. <https://doi.org/10.3390/ijms24032283>
29. Yaman Y. *et al.* A novel 2 bp deletion variant in *Ovine-DRB1* gene is associated with increased *Visna/maedi* susceptibility in Turkish sheep. *Scientific Reports*. 2021; 11: 14435. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93864-8>
30. Марзанов Н.С., Насибов М.Г., Озеров М.Ю., Кантанен Ю. Аллелофонд у различных пород овец по микросателлитам. Дубровицы: 11-й ФОРМАТ. 2004; 119. <https://elibrary.ru/vvtaik>
31. Марзанов Н.С. и др. Эволюция и генная технология в тонкорунном овцеводстве. М.: Росинформагротех. 2012; 174. ISBN 978-5-7367-0909-0 <https://elibrary.ru/qlctsd>
12. Barker D.J. *et al.* The IPD-IMGT/HLA Database. *Nucleic Acids Research*. 2023; 51(D1): D1053–D1060. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac1011>
13. Silwamba I. *et al.* High throughput analysis of MHC class I and class II diversity of Zambian indigenous cattle populations. *HLA*. 2023; 101(5): 458–483. <https://doi.org/10.1111/tan.14976>
14. Francisco R.d.S. *et al.* Differential haplotype expression in class I MHC genes during SARS-CoV-2 infection of human lung cell lines. *Frontiers in Immunology*. 2023; 13: 1101526. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1101526>
15. Ballingall K.T., Herrmann-Hoesing L., Robinson J., Marsh S.G.E., Stear M.J. A single nomenclature and associated database for alleles at the major histocompatibility complex class II *DRB1* locus of sheep. *Tissue Antigens*. 2011; 77(6): 543–556. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2011.01637.x>
16. Marsh S.G.E. *et al.* Nomenclature for factors of the HLA system, 2010. *Tissue Antigens*. 2010; 75(4): 291–455. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2010.01466.x>
17. Millot P. Genetic control of lymphocyte antigens in sheep: The *OLA* complex and two minor loci. *Immunogenetics*. 1979; 9: 509–534. <https://doi.org/10.1007/BF01570447>
18. Millot P. The *OLA* major histocompatibility complex of sheep. Study of six new factors and evidence of a third locus of the complex *OLA-C*. *Experimental and Clinical Immunogenetics*. 1984; 1(1): 31–42.
19. Chardon P. *et al.* Analysis of the sheep MHC using HLA class I, class II and C4 cDNA probes. *Immunogenetics*. 1985; 22(4): 349–358. <https://doi.org/10.1007/BF00430918>
20. Hediger R. Die *in situ* hybridisierung zur genkartierung beim rind und schaf. Ph.D. Thesis. Zurich: Eidgenossischen Technischen Hochschule. 1988; 163 (in German).
21. Hediger R., Ansari H.A., Stranzinger G.F. Chromosome banding and gene localizations support extensive conservation of chromosome structure between cattle and sheep. *Cytogenetics and Cell Genetics*. 1991; 57(2–3): 127–134. <https://doi.org/10.1159/000133131>
22. Mahdy E.A., Mäkinen A., Chowdhary B.P., Andersson L., Gustavsson I. Chromosomal localization of the ovine major histocompatibility complex (*OLA*) by *in situ* hybridization. *Hereditas*. 1989; 111(1): 87–90. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1989.tb00381.x>
23. Miltiadou D., Ballingall K.T., Ellis S.A., Russel G.C., McKeever D.J. Haplotype characterization of transcribed ovine major histocompatibility complex (MHC) class I genes. *Immunogenetics*. 2005; 57(7): 499–509. <https://doi.org/10.1007/s00251-005-0008-y>
24. Vasoya D., Connelley T., Tzelos T., Todd H., Ballingall K.T. Large scale transcriptional analysis of MHC class I haplotype diversity in sheep. *HLA*. 2024; 103(2): e15356. <https://doi.org/10.1111/tan.15356>
25. Bay V., Keleş M., Aymaz R., Hatipoğlu E., Öner Y., Yaman Y. Documentation of extensive genetic diversity in the *Ovar-DRB1* gene in native Turkish sheep. *Animal Biotechnology*. 2021; 32(4): 507–518. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1884086>
26. Ali A.O.A. *et al.* Association of MHC class II haplotypes with reduced faecal nematode egg count and IgA activity in British Texel sheep. *Parasite Immunology*. 2019; 41(7): e12626. <https://doi.org/10.1111/pim.12626>
27. Stear A. *et al.* Identification of the amino acids in the Major Histocompatibility Complex class II region of Scottish Blackface sheep that are associated with resistance to nematode infection. *International Journal for Parasitology*. 2019; 49(10): 797–804. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.05.003>
28. Stear M., Preston S., Piedrafita D., Donskow-Lysoniewska K. The Immune Response to Nematode Infection. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(3): 2283. <https://doi.org/10.3390/ijms24032283>
29. Yaman Y. *et al.* A novel 2 bp deletion variant in *Ovine-DRB1* gene is associated with increased *Visna/maedi* susceptibility in Turkish sheep. *Scientific Reports*. 2021; 11: 14435. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93864-8>
30. Marzanov N.S., Nasibov M.G., Ozerov M.Yu., Kantanen Yu. Allelofond of Various Sheep Breeds by Microsatellites. Dubrovitsy: 11-y ФОРМАТ. 2004; 119 (in Russian). <https://elibrary.ru/vvtaik>
31. Marzanov N.S. *et al.* Evolution and genetic technology in fine-wool sheep breeding. Moscow: Rosinformagrotech. 2012; 174 (in Russian). ISBN 978-5-7367-0909-0 <https://elibrary.ru/qlctsd>

32. Моисейкина Л.Г., Марзанов Н.С., Марзанова С.Н. Селекция овец с использованием генетических маркеров. Элиста: Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова. 2013; 100. <https://elibrary.ru/virmin>

33. Zhang M. *et al.* Y-chromosome haplotype diversity of domestic sheep (*Ovis aries*) in northern Eurasia. *Animal Genetics*. 2014; 45(6): 903–907. <https://doi.org/10.1111/age.12214>

34. Marzanov N.S. *et al.* The Significance of a Multilocus Analysis for Assessing the Biodiversity of the Romanov Sheep Breed in a Comparative Aspect. *Animals*. 2023; 13(8): 1320. <https://doi.org/10.3390/ani13081320>

35. Geldermann H., Mir M.R., Kuss A.W., Bartenschlager H. *OLA-DRB1* microsatellite variants are associated with ovine growth and reproduction traits. *Genetics Selection Evolution*. 2006; 38: 431. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-38-4-431>

36. Wang K. *et al.* *MHC-DRB1* exon 2 polymorphism and its association with mycoplasma ovipneumonia resistance or susceptibility genotypes in sheep. *Journal of Genetics*. 2020; 99: 22. <https://doi.org/10.1007/s12041-020-1175-1>

37. Huang W., Dicks K.L., Hadfield J.D., Johnston S.E., Ballingall K.T., Pemberton J.M. Contemporary selection on MHC genes in a free-living ruminant population. *Ecology Letters*. 2022; 25(4): 828–838. <https://doi.org/10.1111/ele.13957>

38. Gowane G.R. *et al.* Cross-population genetic analysis revealed genetic variation and selection in the *Ovar-DRB1* gene of Indian sheep breeds. *Animal Biotechnology*. 2023; 34(7): 2928–2939. <https://doi.org/10.1080/10495398.2022.2125404>

39. Gowane G.R. *et al.* Population-wide genetic analysis of *Ovar-DQA1* and *DQA2* loci across sheep breeds in India revealed their evolutionary importance and fitness of sheep in a tropical climate. *Animal Biotechnology*. 2023; 34(9): 4645–4657. <https://doi.org/10.1080/10495398.2023.2180010>

32. Moiseykina L.G., Marzanov N.S., Marzanova S.N. Sheep breeding using genetic markers. Elista: *Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov*. 2013; 100 (in Russian). <https://elibrary.ru/virmin>

33. Zhang M. *et al.* Y-chromosome haplotype diversity of domestic sheep (*Ovis aries*) in northern Eurasia. *Animal Genetics*. 2014; 45(6): 903–907. <https://doi.org/10.1111/age.12214>

34. Marzanov N.S. *et al.* The Significance of a Multilocus Analysis for Assessing the Biodiversity of the Romanov Sheep Breed in a Comparative Aspect. *Animals*. 2023; 13(8): 1320. <https://doi.org/10.3390/ani13081320>

35. Geldermann H., Mir M.R., Kuss A.W., Bartenschlager H. *OLA-DRB1* microsatellite variants are associated with ovine growth and reproduction traits. *Genetics Selection Evolution*. 2006; 38: 431. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-38-4-431>

36. Wang K. *et al.* *MHC-DRB1* exon 2 polymorphism and its association with mycoplasma ovipneumonia resistance or susceptibility genotypes in sheep. *Journal of Genetics*. 2020; 99: 22. <https://doi.org/10.1007/s12041-020-1175-1>

37. Huang W., Dicks K.L., Hadfield J.D., Johnston S.E., Ballingall K.T., Pemberton J.M. Contemporary selection on MHC genes in a free-living ruminant population. *Ecology Letters*. 2022; 25(4): 828–838. <https://doi.org/10.1111/ele.13957>

38. Gowane G.R. *et al.* Cross-population genetic analysis revealed genetic variation and selection in the *Ovar-DRB1* gene of Indian sheep breeds. *Animal Biotechnology*. 2023; 34(7): 2928–2939. <https://doi.org/10.1080/10495398.2022.2125404>

39. Gowane G.R. *et al.* Population-wide genetic analysis of *Ovar-DQA1* and *DQA2* loci across sheep breeds in India revealed their evolutionary importance and fitness of sheep in a tropical climate. *Animal Biotechnology*. 2023; 34(9): 4645–4657. <https://doi.org/10.1080/10495398.2023.2180010>

ОБ АВТОРАХ

Саида Нурбиевна Марзанова¹

кандидат биологических наук, доцент
s.marzanova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9895-8046>

Давудай Абдулсемедович Девришов¹

доктор биологических наук, профессор
davud@mgavm.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1747-2800>

Курбан Фатахович Фатахов¹

кандидат ветеринарных наук
fat.kurban1995@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0427-8977>

Нурбий Сафарбиевич Марзанов²

доктор биологических наук, профессор
nmarzanov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0708-6196>

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, ул. Академика К.И. Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

²Федеральный исследовательский центр — ВИЖ им. академика Л.К.Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Saida Nurbievna Marzanova¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
s.marzanova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9895-8046>

Davuday Abdulsemedovich Devrishov¹

Doctor of Biological Sciences, Professor
davud@mgavm.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1747-2800>

Kurban Fatakhovich Fatakhov¹

Candidate of Veterinary Sciences
fat.kurban1995@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0427-8977>

Nurbiy Safarbievich Marzanov²

Doctor of Biological Sciences, Professor
nmarzanov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0708-6196>

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin, 23 Akademik Skriabin Str., Moscow, 109472, Russia

²L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy settlement, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

УДК 631:631.52:633.511

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-100-105

А.Т. Садиков

Институт земледелия Таджикской
академии сельскохозяйственных наук,
пос. Шарора, Гиссар, Таджикистан

✉ dat.tj@mail.ru

Поступила в редакцию: 26.06.2024

Одобрена после рецензирования: 11.12.2024

Принята к публикации: 26.12.2024

© Садиков А.Т.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-100-105

Asliddin T. Sadikov

Institute of Agriculture of the Tajik
Academy of Agricultural Sciences,
village Sharora, Gissar, Tajikistan

✉ dat.tj@mail.ru

Received by the editorial office: 26.06.2024

Accepted in revised: 11.12.2024

Accepted for publication: 26.12.2024

© Sadikov A.T.

Изучение показателей продуктивности и урожайности сортов и линий хлопчатника при выращивании в условиях Центрального Таджикистана

РЕЗЮМЕ

В статье представлены многолетние данные по изучению продуктивности сортов и линий хлопчатника в условиях Центрального Таджикистана. У всех образцов количество коробочек составило от 12,6 до 20,4 шт/растение. Этот показатель по линиям варьирует в диапазоне 9,4–21,8 шт/растение, что значительно выше стандартного сорта Зироаткор 64 (9,4 шт/растение) — до 12,4 шт/растение. С максимальной величиной (17,0–20,4 шт/растение) этого признака отличились сорта Фаровон 20, Дусти ИЗ, Яхё 110 и Дангара 30 с отклонением относительно стандарта на 7,6–11,0 шт/растение. Масса одной коробочки сортов турецкой (зарубежных) селекции NAK-99/1 — 6,2 г, DP-5111 — 6,0 г, местных сортов Кабадиан 30 — 6,7 г, Яхё 110 — 6,2 г, Фаровон 20 — 6,1 г, что выше стандартного сорта Зироаткор 64 (5,0 г) на 1,7 г, а по лучшим зарубежным — до 0,6 г. Лучшими показателями хозяйственного урожая из числа исследуемых сортов и линий средневолокнистого хлопчатника отличились сорта местной селекции Кабадиан 30 (65,6 ц/га), Дангара 30 (54,5 ц/га) и Яхё 110 (51,2 ц/га), а из зарубежных — DP-5111 (57,2 ц/га), которые превосходили стандарт Зироаткор 64 (39,0 ц/га) до 26,6 ц/га, а из перспективных линий — Л-1 (79,0 ц/га), Л-4 (76,1 ц/га), Л-7 (70,1 ц/га) и Л-2 (69,7 ц/га). Отклонение от сорта Зироаткор 64 (39,0 ц/га) составило от 30,7 до 40,0 ц/га, а от лучшего зарубежного сорта — 12,5–21,8 ц/га.

Ключевые слова: селекция, сорт, линия, хлопчатник, коробочки, масса, урожайность

Для цитирования: Садиков А.Т. Изучение показателей продуктивности и урожайности сортов и линий хлопчатника при выращивании в условиях Центрального Таджикистана. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 100–105.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-100-105>

Study of productivity and yield indicators of cotton varieties and lines when grown in the conditions of Central Tajikistan

ABSTRACT

The article presents long-term data on the study of the productivity of cotton varieties and lines in the conditions of Central Tajikistan. In all samples, the number of boxes ranged from 12.6 to 20.4 pcs/plant. This indicator varies along the lines in the range of 9.4–21.8 pcs/plant, which is significantly higher than the standard variety Ziroatkor 64 (9.4 pcs/plant) — up to 12.4 pcs/plant. With a maximum value (17.0–20.4 pcs/plant) of this feature, the varieties Farovon 20, Dusti IZ, Yage 110 and Dangara 30 distinguished themselves with a deviation from the standard by 7.6–11.0 pcs /plant. The weight of one box of varieties of Turkish (foreign) breeding NAK-99/1 is 6.2 g, DP—5111 — 6.0 g, local varieties Kabadian 30 — 6.7 g, Yage 110 — 6.2 g, Farovon 20 — 6.1 g, which is higher than the standard variety Ziroatkor 64 (5.0 g) by 1.7 g, and according to the best foreign — up to 0.6 g. The best indicators of the economic harvest from among the studied varieties and lines of medium-fiber cotton were varieties of local selection Kabadian 30 (65.6 c/ha), Dangara 30 (54.5 c/ha) and Yage 110 (51.2 c/ha), and from foreign ones — DP-5111 (57.2 c/ha), which exceeded the standard Ziroatkor 64 (39.0 c/ha) to 26.6 c/ha, and of the promising lines — L-1 (79.0 c/ha), L-4 (76.1 c/ha), L-7 (70.1 c/ha) and L-2 (69.7 c/ha). The deviation from the Ziroatkor 64 variety (39.0 c/ha) ranged from 30.7 to 40.0 c/ha, and from the best foreign variety — 12.5–21.8 c/ha.

Key words: selection, variety, line, cotton, boxes, weight, yield

For citation: Sadikov A.T. Study of productivity and yield indicators of cotton varieties and lines when grown in the conditions of Central Tajikistan. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 100–105 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-100-105>

Введение/Introduction

Хлопок — одна из наиболее ценных сельскохозяйственных культур, в настоящее время выращивается более чем в 80 странах мира. В глубокой древности хлопчатник произрастал в тропических районах как дикое многолетнее растение, волокно которого использовали на месте. Это растение достигает на своей родине 6–7 м.

Большое разнообразие форм хлопчатника привело к необходимости систематизировать их. Вначале в основу были положены признаки, связанные с местом происхождения и внешним видом растения. По этим признакам род хлопчатника (*Gossypium*) делился на 5 видов, а позднее — на 38 [1].

В 1928 году, согласно опубликованной классификации растений рода *Gossypium*, Г.С. Зайцев [2] объединил все культурные виды хлопчатника в две большие самостоятельные группы — хлопчатник Нового Света и хлопчатник Старого Света, различающиеся между собой по внутреннему строению.

К хлопчатнику Нового Света относятся два вида, возделываемые как однолетние культуры, — *Gossypium hirsutum* L. и *Gossypium barbadense* L. Из хлопчатника Старого Света возделывался вид *Gossypium herbaceum* L. — гуза.

Основным продуктом хлопководства — одной из ведущих отраслей народного хозяйства в нашей стране — является хлопковое волокно [3]. Технологические свойства (тонина, штапельная и разрывная длина и крепость) характеризуют качество хозяйственного урожая хлопчатника [4].

В сельскохозяйственной отрасли Республики Таджикистан хлопководство занимает ведущие позиции. Дальнейшее увеличение объемов производства хлопка-сырца в республике возможно только за счет повышения урожайности. В связи с этим большое значение придается селекции новых высокоурожайных сортов хлопчатника с повышенной устойчивостью к болезням и вредителям, оптимальными адаптивными свойствами, высоким (до 40% и более) выходом и длиной (не менее 36 мм) волокна [5].

При выведении промышленных сортов хлопчатника в республике традиционно применяются классические методы селекции, но не учитываются современные теоретические и практические результаты физиологии, биохимии, генетики и биотехнологии растений. Для проведения селекционного процесса необходим хорошо изученный исходный материал, выделяемый при инвентаризации генетических коллекций, оценке и отборе образцов по физиологическим признакам и системам, определяющим их урожайность [6–9].

В последнее десятилетие в Республике Таджикистан уже были созданы и допущены к производству несколько высокопродуктивных сортов средневолокнистого хлопчатника, выведенных традиционными методами селекции в сочетании с использованием фотосинтетических тест-признаков. Эти результаты подтверждают потенциальную эффективность и результативность селекции продуктивных сортов хлопчатника с повышенным выходом волокна и высокими другими хозяйственно полезными признаками, которые основаны на использовании в селекционном процессе фотосинтетических тест-признаков, отражающих вклады генетико-физиологических систем адаптивности [10].

Цель исследования — провести анализ элементов продуктивности различных сортов и линий хлопчатника с высоким выходом волокна при выращивании в условиях Гиссарского района Центрального Таджикистана.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Селекционные исследования по изучению и анализу продуктивности были проведены с 2019 по 2022 год на полях хозяйства «Зарнисор» Гиссарского района, расположенного в Центральном Таджикистане (высота над уровнем моря — 746 м).

В качестве материала для полевых и экспериментальных опытов послужил ряд перспективных линий (Л-1, Л-2, Л-3, Л-4, Л-5, Л-6, Л-7, Л-8, Л-9 и Л-10), полученных методом отдаленной внутривидовой гибридизации зарубежных и местных сортов, которые были недавно районированы (Дангара 30, Фаровон 20, Дусти ИЗ, Кабадиан 30 и Яхё 110). Из зарубежной селекции использовали сорта DP-5111, DPL-4158 и NAK-99/1 вида *Gossypium hirsutum* L.

Сорт Зироаткор 64 был использован в качестве стандарта, который отличался хорошими показателями продуктивности и адаптивными свойствами к данному региону.

Посев в селекционном питомнике проведен по методике Всесоюзного научно-исследовательского института селекции и семеноводства хлопчатника ВНИИССХ им. Г.С. Зайцева¹. Схема размещения — 60 x 20 x 1, густота стояния растений — 83 тыс. на 1 га.

Растения для опытов выращивали согласно рекомендациям МСХ Республики Таджикистан².

Статистический анализ полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову³ с использованием программы Microsoft Excel 2016 (США).

¹ Зайцев Г.С. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент. 1980; 24.

² Научная система ведения сельского хозяйства Таджикистана / Под ред. акад. ТАСХН Х.М. Ахмедова, Т.Н. Набиева, Т.А. Бухориева. Душанбе: Матбуот. 2009; 764 (на тадж. яз.).

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию. 2012; 352.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты анализа основных элементов продуктивности различных образцов хлопчатника и урожай хлопка-сырца в среднем по годам исследований представлены в таблицах. Так, согласно полученным данным по числу полноценных коробочек на растение, интервалы варьирования максимальной величины этого признака в фазу массового формирования коробочек у промышленных сортов и линий средневолокнистого хлопчатника находятся в пределах 14,8–21,8 шт. Превосходят стандартный сорт Зироаткор 64 (9,4 шт/растение) на 5,4–12,4 шт/растение, или на 57,4–131,9%. При минимальной величине количества коробочек отличались следующие сорта и линии: сорт DP-5111 — 12,6 шт/растение, NAK-99/1 — 13,4 шт/растение, линия Л-8 — 9,4 шт/растение, Л-6 — 10,9 шт/растение, Л-9 — 12,6 шт/растение. Следовательно, отклонение относительно лучшего зарубежного сорта (DPL-4158 — 14,8 шт/растение) по всем изученным перспективным местным сортам и линиям

Таблица 1. Формирование коробочек сортов и линий средневолокнистого хлопчатника в сравнении со стандартным и лучшими зарубежными сортами (среднее за 2019–2022 гг.)

Table 1. Formation of bolls of varieties and lines of medium-fiber cotton in comparison with standard and best foreign varieties (average for 2019–2022)

Генотипы и линии хлопчатника	Страна происхождения	Число полноценных коробочек на растении	Отклонение от стандартного сорта	Превосходство местных сортов и линий относительно лучших зарубежных
		шт/растение		
Зироаткор 64 (ST)	Таджикистан	9,4	–	–
DP-5111	Турция	12,6	+3,2	–
DPL-4158	Турция	14,8	+5,4	–
NAK-99/1	Турция	13,4	+4,0	–
Дангара 30	Таджикистан	17,0	+7,6	+2,2
Фаровон 20	Таджикистан	20,4	+11,0	+5,6
Дусты ИЗ	Таджикистан	18,5	+9,1	+3,7
Кабadian 30	Таджикистан	15,4	+6,0	+0,6
Яхё 110	Таджикистан	17,4	+8,0	+2,6
Л-1	Из коллекции института земледелия ТАСХН (Таджикистан)	14,9	+5,5	+0,1
Л-2		18,0	+8,6	+3,2
Л-3		21,8	+12,4	+7,0
Л-4		16,4	+7,0	+1,6
Л-5		17,8	+8,4	+3,0
Л-6		10,9	+1,5	-3,9
Л-7		16,4	+7,0	+1,6
Л-8		9,4	+0,0	+5,4
Л-9		12,6	+3,2	-2,2
Л-10		14,8	+5,4	+0,0
HCP _{0,05}		1,85		

составило 0,1–7,0 шт/растение, или 0,01–1,03% (табл. 1).

Величина урожая хлопчатника зависит не только от количества полноценных коробочек, образовавшихся на кусте, но и от их массы, то есть крупности. Масса хлопка-сырца одной коробочки у исследованных генотипов в условиях Центрального Таджикистана (Гиссарского района) варьирует в пределах от 5,6 г у линии Л-4 до 6,7 г у сорта Кабадиан 30.

Крупность коробочек или масса хлопка-сырца различных генотипов может зависеть как от интенсивности транспорта фотоассимилятов из вегетативных органов к генеративным, так и от способности самих плодовых органов.

Из представленных данных видно, что по массе сырца одной коробочки все сортообразцы и линии выше стандартного сорта Зироаткор 64 (5,0 г). Местные сорта по массе одной коробочки выделились в пределах от 5,7 до 6,7 г, лучшими были Кабадиан 30 (6,7 г), Яхё 110 (6,2 г) и Фаровон 20 (6,1 г).

По линиям самый высокий показатель был у Л-1 (6,5 г), Л-7 (6,4 г), Л-8 (6,7 г) (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика признака массы сырца одной коробочки сортов и линий средневолокнистого хлопчатника в сравнении со стандартным и зарубежными сортами (среднее за 2019–2022 гг.)

Table 2. Characteristics of the raw mass of one boll of varieties and lines of medium-fiber cotton in comparison with standard and foreign varieties (average for 2019–2022)

Генотипы и линии хлопчатника	Страна происхождения	Масса одной коробочки	Отклонение от стандартного сорта	Превосходство местных сортов и линий относительно лучших зарубежных
		г		
Зироаткор 64 (ST)	Таджикистан	5,0	–	–
DP-5111	Турция	6,0	+1,0	–
DPL-4158	Турция	5,8	+0,8	–
NAK-99/1	Турция	6,2	+1,2	–
Дангара 30	Таджикистан	5,7	+0,7	-0,5
Фаровон 20	Таджикистан	6,1	+1,1	-0,1
Дусты ИЗ	Таджикистан	5,8	+0,8	-0,4
Кабadian 30	Таджикистан	6,7	+1,7	+0,5
Яхё-110	Таджикистан	6,2	+1,2	+0,0
Л-1	Из коллекции института земледелия ТАСХН (Таджикистан)	6,5	+1,5	+0,3
Л-2		6,0	+1,0	-0,2
Л-3		6,1	+1,1	-0,1
Л-4		5,6	+0,6	-0,6
Л-5		6,1	+1,1	-0,1
Л-6		5,6	+0,6	-0,6
Л-7		6,4	+1,4	+0,2
Л-8		6,7	+1,7	+0,5
Л-9		5,6	+0,6	-0,6
Л-10		6,0	+1,0	-0,2
HCP _{0,05}		2,07		

Изучение структуры урожая и его компонентов у различных генотипов хлопчатника показало, что в условиях Центрального Таджикистана среди сортов и линий лучшие показатели урожая хлопка-сырца наблюдаются у сортов местной селекции: Кабадиан 30 (65,6 ц/га), Дангара 30 (54,5 ц/га), Яхё 110 (51,2 ц/га), а у зарубежных — DP-5111 (57,2 ц/га). Их превосходство относительно стандарта Зироаткор 64 (39,0 ц/га) достигает 26,6 ц/га, у линии Л-4 — 76,1 ц/га, Л-7 — 70,1 ц/га, Л-2 — 69,7 ц/га.

Отклонение от стандартного сорта (39,0 ц/га) — от 30,7 до 40,0 ц/га (табл. 3).

Исследование по определению корреляционной изменчивости признаков и корреляционной связи между ними является главным методом оценки продуктивности и целостности сортов сельскохозяйственных культур [11]. Согласно полученным данным, результаты проведенных корреляционно-регрессионных анализов показали тесную положительную корреляцию между признаками «количество полноценных коробочек на одно растение» и «масса», а также «масса хлопка-сырца одной коробочки» и «урожайность в конце вегетации» ($r = 0,9$ и $r = 0,8$ соответственно) (рис. 1, 2).

Таблица 3. Урожайность сортов и линий средневолокнистого хлопчатника в сравнении со стандартным и зарубежными сортами (среднее за 2019–2022 гг.)
Table 3. Productivity of varieties and lines of medium-fiber cotton in comparison with standard and foreign varieties (average for 2019–2022)

Генотипы и линии хлопчатника	Страна происхождения	Урожай хлопка-сырца	Отклонение от стандартного сорта	Превосходство местных сортов и линий относительно лучших зарубежных
		ц/га		
Зироаткор 64 (ST)	Таджикистан	39,0	–	–
DP-5111	Турция	57,2	+18,2	–
DPL-4158	Турция	40,7	+1,7	–
NAK-99/1	Турция	45,6	+6,6	–
Дангара 30	Таджикистан	54,5	+15,5	-2,7
Фаровон 20	Таджикистан	48,6	+9,6	-8,6
Дусты ИЗ	Таджикистан	44,6	+5,6	-12,6
Кабадиан 30	Таджикистан	65,6	+26,6	+8,4
Яхё 110	Таджикистан	51,2	+12,2	-6,0
Л-1	Из коллекции института земледелия ТАСХН (Таджикистан)	79,0	+40,0	+21,8
Л-2		69,7	+30,7	+12,5
Л-3		55,6	+16,6	-1,6
Л-4		76,1	+37,1	+18,9
Л-5		63,1	+24,1	+5,9
Л-6		50,6	+11,6	-6,6
Л-7		70,1	+31,1	+12,9
Л-8		52,2	+13,2	-5,0
Л-9		58,5	+19,5	+1,3
Л-10		43,7	+4,7	-13,5
НСР _{0,05}		2,07		

Рис. 1. Корреляционная взаимосвязь между числом сформированных полноценных коробочек на одно растение и их массой у сортов и линий средневолокнистого хлопчатника (2019–2022 гг.)

Fig. 1. Correlation relationship between the number of formed full-fledged pods per plant and their weight in varieties and lines of medium-fiber cotton (2019–2022)

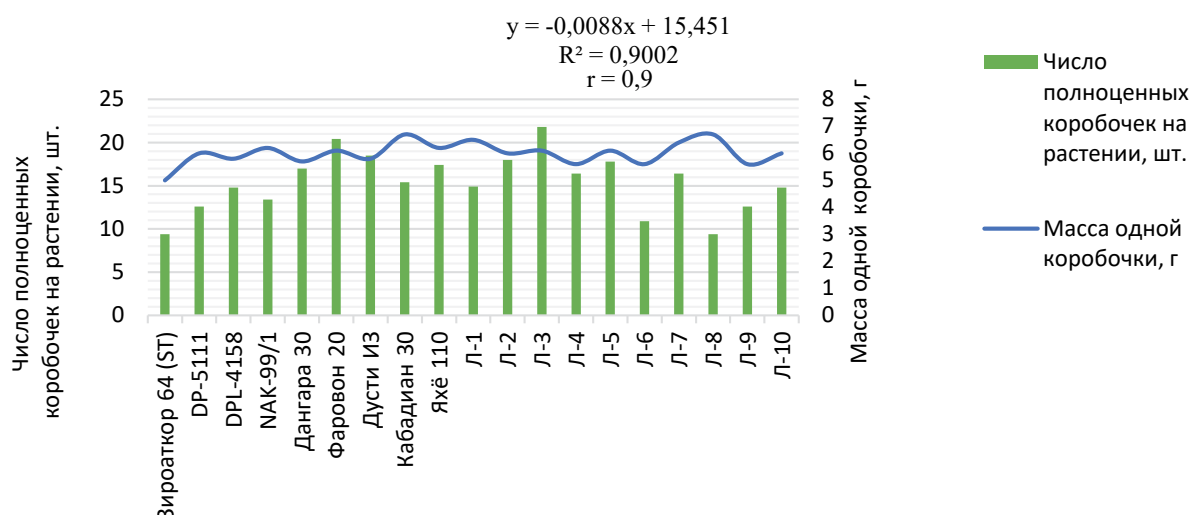
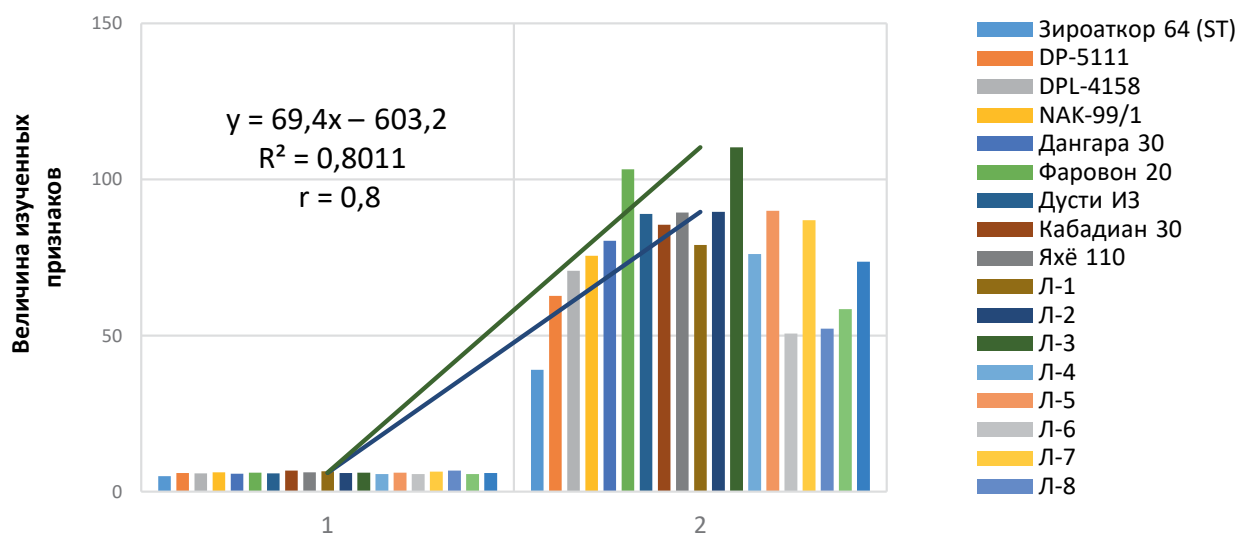


Рис. 2. Корреляционная взаимосвязь между массой хлопка-сырца одной коробочки (1) и урожайностью (2) сортов и линий средневолокнистого хлопчатника (2019–2022 гг.)

Fig. 1. Correlation relationship between the weight of raw cotton per boll (1) and the yield (2) of varieties and lines of medium-fiber cotton (2019–2022)



Выводы/Conclusion

Полученные данные по изучению морфологических и хозяйственно ценных параметров сортов и линий средневолокнистого хлопчатника и их биологических особенностей свидетельствуют, что все изученные сорта и линии отличались хорошим ростом и развитием.

По результатам исследований количество полноценных коробочек на одно растение у всех изученных сортов составило от 12,6 до 20,4 шт. Этот показатель по линиям варьирует в диапазоне 9,4–21,8 шт/растение. Их превосходство относительно стандартного сорта Зироаткор 64 (9,4 шт/растение) достигает до 12,4 шт/растение, а по сортам с максимальной величиной (17,0–20,4 шт/растение) этого признака отличились Фаровон 20, Дусти ИЗ, Яхё 110 и Дангара 30 (с отклонением относительно стандарта на 7,6–11,0 шт/растение).

Таким образом, из всех изученных сортов и линий максимальной массой одной коробочки от зарубежной (турецкой) селекции отличались NAK-99/1 (6,2 г), DP-5111 (6,0 г), а из местных — Кабадиан 30 (6,7 г), Яхё 110 (6,2 г), Фаровон 20 (6,1 г). Отклонение относительно стандартного сорта Зироаткор 64 (5,0 г) достигло 1,7 г.

Среди исследуемых сортов и линий средневолокнистого хлопчатника высоким урожаем хлопка-сырца выделились сорта из местной селекции Кабадиан 30 (65,6 ц/га), Дангара 30 (54,5 ц/га), Яхё 110 (51,2 ц/га), из зарубежных DP-5111 (57,2 ц/га), которые превысили стандарт Зироаткор 64 (39,0 ц/га) до 26,6 ц/га, а из перспективных линий — Л-4 (76,1 ц/га), Л-7 (70,1 ц/га) и Л-2 (69,7 ц/га). Отклонение от сорта Зироаткор 64 (39,0 ц/га) составило от 30,7 до 40,0 ц/га, от лучшего зарубежного сорта — 12,5–21,8 ц/га.

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

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санамьян М.Ф., Бобохужаев Ш.У., Мамамов А.Х., Ачилов С.Г., Абдурахмонов И.Ю. Создание новой серии анеуплоидных линий у хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) с идентификацией отдельных хромосом с помощью транслокационных и SSR-маркеров. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016; 20(5): 643–652. <https://doi.org/10.18699/VJ16.186>
2. Шахмедова Ю.И., Нестеренко Г.И. Адаптация образцов хлопчатника Австралии и Китая к условиям Прикаспийской низменности. *Проблемы развития АПК региона*. 2019; (2): 176–179. <https://elibrary.ru/xcmzev>
3. Садиков А.Т., Драгавцев В.А., Саидзода С.Т. Особенности динамики прохождения роста и развития сортов средневолокнистого хлопчатника. *Биосфера*. 2023; 14(4): 387–390. <https://elibrary.ru/ipiohq>
4. Садиков А.Т. Продуктивность генотипов средневолокнистого хлопчатника, отобранных по тест-признакам в сочетании с классическими методами селекции. *Аграрная наука*. 2021; (11–12): 109–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-109-113>

REFERENCES

1. Sanamyan M.F., Bobokhuzhaev Sh.U., Makhkamov A.H., Achilov S.G., Abdurakhmanov I.Yu. The creation of new aneuploid lines of the cotton (*Gossypium hirsutum* L.) with identification of chromosomes by translocation and SSR-markers. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016; 20(5): 643–652 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ16.186>
2. Shakhmedova Yu.I., Nesterenko G.I. Adaptation of the Australian and Chinese cotton plant samples of to the conditions of the Caspian lowland region. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019; (2): 176–179 (in Russian). <https://elibrary.ru/xcmzev>
3. Sadikov A.T., Dragavtsev V.A., Saidzoda S.T. Features of passing through developmental stages by varieties of medium-fiber cotton. *Biosfera*. 2023; 14(4): 387–390 (in Russian). <https://elibrary.ru/ipiohq>
4. Sadikov A.T. Productivity of medium-fiber cotton genotypes selected according to test characteristics in combination with classical breeding methods. *Agrarian science*. 2021; (11–12): 109–113 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-109-113>

5. Рзаева И.И. Изменения хозяйственно ценных признаков хлопка, образующиеся под воздействием гамма-лучей. *Аграрная наука*. 2022; (2): 71–75.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-356-2-71-75>
6. Nguyen T.-B., Giband M., Brottier P., Risterucci A.-M., Lacape J.-M. Wide coverage of the tetraploid cotton genome using newly developed microsatellite markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004; 109(1): 167–175.
<https://doi.org/10.1007/s00122-004-1612-1>
7. Санамьян М.Ф., Бобохужаев Ш.У. Идентификация унивалентных хромосом у моносомных линий хлопчатника *Gossypium hirsutum* L. с помощью цитогенетических маркеров. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019; 23(7): 836–845 (на англ. яз.).
<https://doi.org/10.18699/VJ19.557>
8. Подольная Л.П., Иванова Н.М., Абалдов А.Н., Ходжаева Н.А., Кушнарева Т.А. Изменчивость образцов хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) с различной формой листа при выращивании в условиях естественного увлажнения. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3: Биология*. 2016; (2): 70–86.
<https://doi.org/10.21638/11701/spbu03.2016.205>
9. Санамьян М.Ф., Бобохужаев Ш.У., Абдукаримов Ш.С., Силкова О.Г. Молекулярно-генетический и цитогенетический анализ интрогрессии хромосом хлопчатника *Gossypium barbadense* L. в геном *G. hirsutum* L. у гибридов BC₂F₁. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2023; 27(8): 958–970 (на англ. яз.).
<https://doi.org/10.18699/VJGB-23-110>
10. Садилов А.Т. Прохождение фазы онтогенеза, продуктивность генотипов хлопчатника при их выращивании в условиях центрального Таджикистана. *Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина*. 2024; (2): 153–162.
[https://doi.org/10.51452/kazatu.2024.2\(121\).1708](https://doi.org/10.51452/kazatu.2024.2(121).1708)
11. Stelly D.M., Saha S., Raska D.A., Jenkins J.N., McCarty J.C. Jr., Gutiérrez O.A. Registration of 17 Upland (*Gossypium hirsutum*) Cotton Germplasm Lines Disomic for Different *G. barbadense* Chromosome or Arm Substitutions. *Crop Science*. 2005; 45(6): 2663–2665.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0642>

ОБ АВТОРАХ

Аслиддин Тожиidinovich Садилов

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
dat.tj@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6253-4003>

Институт земледелия Таджикской академии
сельскохозяйственных наук,
ул. Дусти, 1, пос. Шарора, Гиссар, 735022, Республика
Таджикистан

5. Rzaeva I.I. The changes of economically valuable signs got under the influence of gamma-ryes. *Agrarian science*. 2022; (2): 71–75 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-356-2-71-75>
6. Nguyen T.-B., Giband M., Brottier P., Risterucci A.-M., Lacape J.-M. Wide coverage of the tetraploid cotton genome using newly developed microsatellite markers. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004; 109(1): 167–175.
<https://doi.org/10.1007/s00122-004-1612-1>
7. Sanamyan M.F., Bobokhuzhaev Sh.U. Identification of univalent chromosomes in monosomic lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) by means of cytogenetic markers. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23(7): 836–845.
<https://doi.org/10.18699/VJ19.557>
8. Podolnaya L.P., Ivanova N.M., Abaldov A.N., Khodjaeva N.A., Kushnareva T.A. The variability of cotton accessions (*Gossypium hirsutum* L.) with different leaf forms under non-irrigated conditions. *Vestnik of St Petersburg University. Series 3: Biology*. 2016; (2): 70–86 (in Russian).
<https://doi.org/10.21638/11701/spbu03.2016.205>
9. Sanamyan M.F., Bobokhuzhaev Sh.U., Abdugarimov Sh.S., Siikova O.G. Molecular-genetic and cytogenetic analyses of cotton chromosome introgression from *Gossypium barbadense* L. into the genome of *G. hirsutum* L. in BC₂F₁ hybrids. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023; 27(8): 958–970.
<https://doi.org/10.18699/VJGB-23-110>
10. Sadikov A.T. Passage of the ontogenesis phase, productivity of cotton genotypes when they are grown in the conditions of Central Tajikistan. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. 2024; (2): 153–162 (in Russian).
[https://doi.org/10.51452/kazatu.2024.2\(121\).1708](https://doi.org/10.51452/kazatu.2024.2(121).1708)
11. Stelly D.M., Saha S., Raska D.A., Jenkins J.N., McCarty J.C. Jr., Gutiérrez O.A. Registration of 17 Upland (*Gossypium hirsutum*) Cotton Germplasm Lines Disomic for Different *G. barbadense* Chromosome or Arm Substitutions. *Crop Science*. 2005; 45(6): 2663–2665.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0642>

ABOUT THE AUTHORS

Asliddin Tozhidinovich Sadikov

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher
dat.tj@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6253-4003>

Institute of Agriculture of the Tajik Academy of Agricultural
Sciences,
1 Dusti Str., village Sharora, Gissar, 735022,
Republic of Tajikistan

Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453,
по agrovetpress@inbox.ru

» В АГЕНТСТВЕ ПОДПИСКИ
ООО «Урал-Пресс Округ»
<https://www.ural-press.ru/catalog/>



» БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
на отраслевом портале
<https://agrarnayanauka.ru>



» ПОДПИСКА НА АРХИВНЫЕ НОМЕРА
И ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ
на сайте Научной электронной библиотеки
www.elibrary.ru



М.Л. Пономарева ✉

Н.Ш. Гараева

С.Н. Пономарев

С.Ю. Павлова

И.О. Иванова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

✉ smponomarev@yandex.ru

Поступила в редакцию: 10.09.2024

Одобрена после рецензирования: 11.12.2024

Принята к публикации: 26.12..2024

© Пономарева М.Л., Гараева Н.Ш.,
Пономарев С.Н., Павлова С.Ю., Иванова И.О.

Mira L. Ponomareva ✉

Nazlygul Sh. Garaeva

Sergey N. Ponomarev

Svetlana Yu. Pavlova

Irina O. Ivanova

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia

✉ smponomarev@yandex.ru

Received by the editorial office: 10.09.2024

Accepted in revised: 11.12.2024

Accepted for publication: 26.12..2024

© Ponomareva M.L., Garaeva N.Sh.,
Ponomarev S.N., Pavlova S.Yu., Ivanova I.O.

Дифференциация генетических ресурсов озимой тритикале по устойчивости к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett)

РЕЗЮМЕ

Розовая снежная плесень, вызываемая низкотемпературным аскомицетом *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett), регулярно поражает озимую тритикале (*x Triticosecale*, Wittm.) и является наиболее распространенным и вредоносным фитопатогеном в умеренном и холодном климате. Полевые эксперименты выполнены в 2020–2022 гг. в лаборатории селекции озимой ржи и тритикале ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН на фоне естественного распространения заболевания (ЕФ) и на искусственном инфекционном фоне (ИФ). Лабораторный скрининг проведен методом заражения отсеченных листьев каждого образца наиболее вирулентным штаммом *Microdochium nivale* F00608. Объект исследования — 50 гексаплоидных образцов озимой тритикале из генколлекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова. Показано, что средний балл поражения болезнью образцов озимой тритикале на созданном авторами искусственном инфекционном фоне составил $6,39 \pm 1,52$, в условиях естественного развития инфекции — $3,34 \pm 0,94$. Коэффициент корреляции между поражением снежной плесенью на ИФ и урожайностью составил $r = -0,708$. Эпифитотийное развитие снежной плесени приводило к существенному недобору урожайности (на 50,4%). Результаты полевых исследований показали, что большинство сортообразцов озимой тритикале были восприимчивы к розовой снежной плесени. Выявлены формы, обладающие относительно высоким уровнем полевой и лабораторной устойчивости. Для дальнейшего использования в селекции предложены источники полевой устойчивости к снежной плесени: Бета 2, Доктрина 110, Капрал, Немчиновский 56, Башкирская короткостебельная, Цекад 90, Алтайский 5, из которых первые два сорта устойчивы как при естественном заражении, так и при эпифитотийной нагрузке. Высокую устойчивость отсеченных листьев к розовой снежной плесени проявили сорта Пятрусь, Кроха, Привада, Горка, Алмаз, Капелла, Трибун, которые рекомендуются использовать в генетических исследованиях.

Ключевые слова: озимая тритикале, розовая снежная плесень, *Microdochium nivale*, инфекционный фон, естественный фон, отсеченные листья, образцы, поражение, устойчивость

Для цитирования: Пономарева М.Л., Гараева Н.Ш., Пономарев С.Н., Павлова С.Ю., Иванова И.О. Дифференциация генетических ресурсов озимой тритикале по устойчивости к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett). *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 106–113.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-106-113>

Differentiation of genetic resources of winter triticale by resistance to the causative agent of pink snow mold (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett)

ABSTRACT

Pink snow mold, caused by the low-temperature ascomycete *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett), is a regular occurrence in winter triticale (*x Triticosecale*, Wittm.). It is the most common and damaging phytopathogen in temperate and cold climates. Field experiments were conducted at the laboratory of winter rye and triticale breeding of the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS in 2020–2022. The experiments were carried out under both natural and artificial infectious conditions. The samples were screened in the laboratory by infecting detached leaves with the most virulent strain of *Microdochium nivale*, F00608. The study focused on 50 hexaploid samples of winter triticale from the N.I. Vavilov VIGRR gene collection. The results demonstrated that the mean disease damage score for winter triticale samples on the artificial infection background was 6.39 ± 1.52 , while in natural conditions of infection development, the score was 3.34 ± 0.94 . A correlation coefficient of $r = -0.708$ was observed between snow mold damage on the artificial infectious background and yield. The development of snow mold resulted in a significant loss in yield, amounting to 50.4%. The results of the field studies demonstrated that the majority of winter triticale cultivars were susceptible to pink snow mold. The forms with relatively high levels of field and laboratory resistance were identified. The sources of field resistance to snow mold have been identified as potential candidates for further use in breeding. The varieties Beta 2, Doctrine 110, Capral, Nemchinovsky 56, Bashkirskaia korotkostebel'naya, Tsekad 90 and Altaysky 5 have been identified as resistant to both natural infection and epiphytotic load. The varieties Pyatrus, Kroha, Privada, Gorka, Almaz, Capella, Tribun have demonstrated high resistance to pink snow mold in detached leaves, and are therefore recommended for use in genetic studies.

Key words: winter triticale, pink snow mold, *Microdochium nivale*, artificial infection background, natural infection background, detached leaf assay, samples, damage, resistance

For citation: Ponomareva M.L., Garaeva N.Sh., Ponomarev S.N., Pavlova S.Yu., Ivanova I.O. Differentiation of genetic resources of winter triticale by resistance to the causative agent of pink snow mold (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett). *Agrarian science*. 2025; 390(01): 106–113 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-106-113>

Введение/Introduction

Озимая тритикале ($\times$ *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus, $2n = 42$) — искусственное злаковое растение, созданное с целью совмещения характеристик холодостойкости, болезнеустойчивости и адаптации к неблагоприятным почвам и климату с продуктивностью и питательными свойствами. Благодаря своему потенциалу урожайности, хорошему качеству зерна и высокой устойчивости к условиям окружающей среды тритикале является очень перспективной культурой для современных сельскохозяйственных систем, особенно для биоорганического и устойчивого земледелия.

На начальном этапе создания данная культура имела более высокую устойчивость к многочисленным грибным заболеваниям (мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, фузариозу колоса, твердой и пыльной головне) в сравнении с другими зерновыми [1, 2]. Поэтому тритикале часто предлагалась в качестве источника генов устойчивости для передачи родительским формам — пшенице и ржи [3].

Однако в последние годы было проведено достаточно много исследований, показывающих, что тритикале в разной степени начала поражаться определенными болезнями [4, 5]. Ученые связывают эту тенденцию с увеличением посевных площадей тритикале, когда культура стала терять свой иммунитет из-за эволюции новых рас патогенов, способных поражать этот злак, а также с климатическими изменениями и ухудшением фитосанитарной ситуации в целом [6]. Поэтому основные задачи селекции направлены на повышение толерантности (устойчивости) ко многим биотическим факторам одновременно.

Сорта озимой тритикале главным образом создаются методом гибридизации предварительно отобранных родительских форм, в потомстве которых высока вероятность появления генотипов с оптимальным сочетанием необходимых признаков. Аллополиплоидная природа вовлекаемых в скрещивания форм (сортов и межвидовых гибридов) становится причиной широкого фенотипического разнообразия создаваемых сортов, в том числе и по устойчивости к инфекционным болезням.

Одним из самых серьезных заболеваний зимующих злаков в семействе *Poaceae* остается снежная плесень [7]. На сегодняшний момент доминирующими патогенами, приводящими к данному заболеванию, являются представители разных таксонов: *Ascomycota*, к которым относятся *Microdochium* (*M. nivale*, *M. majus*), вызывающие розовую снежную плесень, и род *Basidiomycota* — виды *Typhula* (*T. ishikariensis*, *T. incarnata*), вызывающие серую и крапчатую снежную плесень соответственно [8, 9]. Перечисленные возбудители могут вызывать это заболевание как самостоятельно, так и в сочетании [10, 11].

Розовая снежная плесень (РСП), определяемая *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and

I.C. Hallett), регулярно поражает озимую тритикале ($\times$ *Triticosecale*, Wittm.) [12], и ее возбудитель считается наиболее распространенным и вирулентным грибным патогеном в умеренном и холодном климате [13, 14]. Патоген так или иначе ассоциирован с растениями в течение всего вегетационного периода, но особенно активен зимой и поражает зимующие растения под снежным покровом. Симптомы заболевания, проявляемые в ранневесенний период, — хлороз, высыхание листьев, обширный рост белого или розового мицелия и образование оранжевых спородохий, которые проявляются в виде обесцвеченных участков листовой пластины [15], а позднее — образование уплотненного слоя и стеблевой гнили [16].

Результативность селекции на болезнеустойчивость определяется многими факторами, среди которых решающее значение имеют исходный материал и уровень исследованности мирового генофонда.

Устойчивость растений к *M. nivale* является полигенной по своей природе. У озимой тритикале были обнаружены QTL, ассоциированные с компонентами устойчивости к *M. nivale*, на хромосомах 1В, 2А, 3А, 3В, 5А, 5В, 6А, 6В и 7В [17].

Цель исследования — выявление генотипов озимой тритикале, характеризующихся устойчивостью к крайне вредоносному заболеванию — розовой снежной плесени, в сочетании с ценными биологическими признаками.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Полевые эксперименты выполнены в 2020–2022 гг. в лаборатории селекции озимой ржи и тритикале ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН на фоне естественного распространения заболевания (ЕФ) и на искусственном инфекционном фоне (ИФ). Инфекционный питомник размещался вне полей севооборота, на специальном изолированном участке, с трех сторон защищенном лесным массивом, где дольше сохраняется снежный покров.

Почвы опытного участка серые лесные с содержанием гумуса 2,8–3,0%. Инокулом, используемый для создания искусственного фона, был представлен специально подобранными высоковирулентными местными изолятами *Microdochium nivale* (F00628, F00608, F00190, F00204, F00313, F00492, F00501), выделенными ранее и сохраняемыми в коллекции фитопатогенных грибов лаборатории инфекционных заболеваний растений ФИЦ КазНЦ РАН [18]. Смесь мицелия этих штаммов обрабатывали дробленными автоклавированные зерна ячменя, которые вручную равномерно вносили в почву в осенний период из расчета 100 г/м² на стадии трех листьев.

В данной работе объектами исследования стали 50 гексаплоидных образцов озимой тритикале из генколлекции ВИГРП им. Н.И. Вавилова в

сравнении со стандартом Башкирская короткостебельная.

Тестируемые сорта имели различное эколого-географическое происхождение: 34 были представлены основными селекционными учреждениями РФ — Донским федеральным аграрным центром, Национальным центром зерна им. Лукьяненко и др.), а также современными сортами из Беларуси, Украины, Польши, Германии, Румынии, Франции, Швеции и США.

Кроме дифференциации по географической приуроченности, подобранные сорта различались по скороспелости, продуктивности, зимостойкости и другим показателям. Коллекционные образцы высевали на делянках площадью 1,5 м² в 2-кратной повторности с нормой высева 4,5 млн шт/га.

Погодные условия в годы проведения исследований имели различный характер. Они отличались как по среднедекадной температуре, так и по количеству осадков, но в целом способствовали развитию РСП. Продолжительность холодного периода (устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С осенью к положительным значениям весной) составлял 110, 136 и 145 суток в 2019–2020, 2020–2021 и 2021–2022 гг. соответственно. Время залегания снежного покрова длилось в указанных сезонах, соответственно, 102, 150 и 156 дней.

Полевая устойчивость образцов тритикале к снежной плесени оценивалась непосредственно после схода снега по интенсивности поражения листовой поверхности и выживаемости (рис. 1а, 1б). Для оценки использовали 9-балльную шкалу: 1 — здоровые растения, 9 — все 100% листьев поражены.

Тип устойчивости оценивался по адаптированной к исследуемому заболеванию следующей шкале: R (устойчивый — 1–2,9 балла); MR (умеренно устойчивый — 3–4,9 балла); MS (умеренно восприимчивый — 5–6,9 балла); S (восприимчивый — 7–9 баллов) [19]. Отрастание растений оценено по той же визуальной шкале (1–9) через две недели после первой оценки, где 1 означает растение без видимых симптомов инфекции, а 9 — полностью мертвое растение без признаков удлинения листьев.

Лабораторный скрининг проведен путем заражения 40 отсеченных листьев каждого образца наиболее вирулентным штаммом *Microdochium nivale* F00608.

Инокулом наращивали в стерильных условиях на среде КСА (картофельно-сахарозный агар). Растения тестируемых образцов озимой тритикале предварительно выращивались в климатической камере Binder 720 MK (E5) (Binder GmbH, Германия) и на стеллажах Led 5 sheif Fitokontrol (Россия) при температуре 22–24 °С, влажности 40% и круглосуточном освещении.

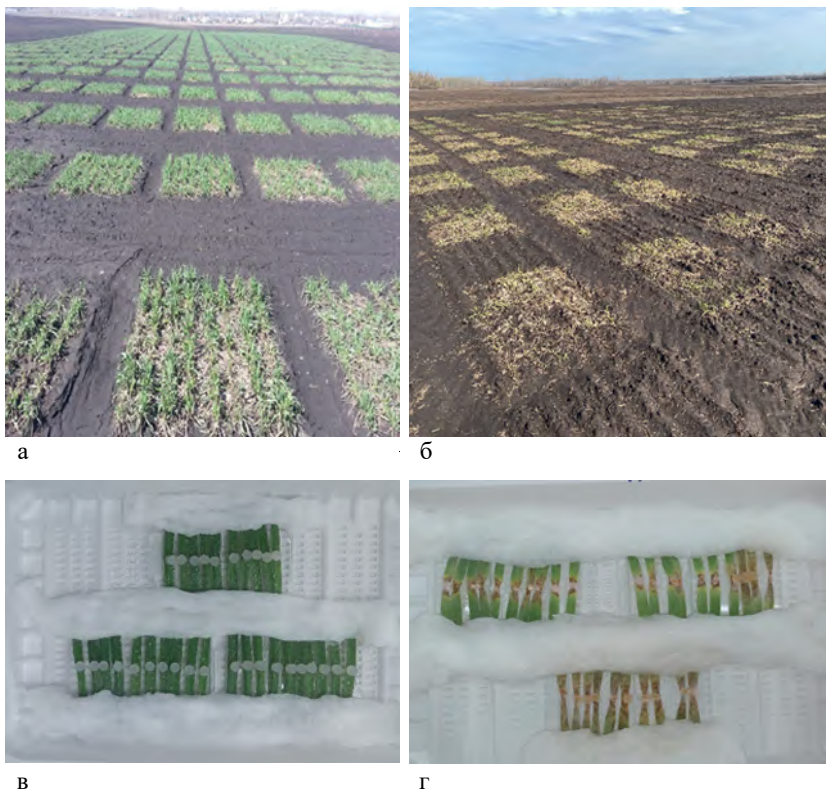
На отрезки листьев длиной 3 см, отделенных у 10–12-дневных проростков, помещали агаровый блок диаметром 6 мм, вырезанный из периферийной части колонии гриба (рис. 1в).

Трехкратная оценка площади поражения отсеченного листа в ответ на инокуляцию *Microdochium nivale* проводилась на 4-й, 6-й и 9-й день после заражения патогеном [9] (рис. 1г). После завершения фитопатологической оценки были рассчитаны степень поражения отсеченного листа (%), скорость развития заболевания (%/день), распространенность заболевания (%) и площадь под кривой развития болезни (ПКРБ), на основании которой вычислялся индекс восприимчивости сортов (ИВ). За единицу принято поражение стандарта.

Ранжирование сортов по результатам лабораторного скрининга выполнено по следующей шкале: 0,1–0,35 — устойчивый (R), 0,36–0,65 — умеренно устойчивый (MR), 0,66–0,80 — умеренно восприимчивый (MS), > 0,8 — восприимчивый (S).

Рис. 1. Поражение растений: а — поражение растений на естественном инфекционном фоне; б — поражение растений на искусственном инфекционном фоне; в — метод отсеченных листьев; г — результат заражения в лабораторных условиях. Фото автора С.Н. Пономарева

Fig. 1. Plant damage: а — plant damage on a natural infectious background; б — plant damage on an artificial infectious background; в — the method of cut-off leaves; г — the result of infection in the laboratory. Photo by S.N. Ponomarev



Для расчета статистических характеристик и визуализации полученных данных использовались пакеты программ Microsoft Office Excel 2007 (США) и XLSTAT 2019.2.2.59614.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результативность селекции на болезнеустойчивость существенно повышает параллельное испытание сортообразцов на естественном и искусственном инфекционном фонах. Средний балл поражения болезнью образцов озимой тритикале на созданном авторами искусственном инфекционном фоне составил $6,39 \pm 1,52$, в условиях естественного развития инфекции — $3,34 \pm 0,94$ (различия статистически доказаны по критерию Стьюдента) (рис. 2).

Коэффициент корреляции между поражением растений на ЕФ и ИФ равнялся $r = 0,799$, между поражением и отрастанием на ИФ — $r = -0,829$.

Сильное развитие вызываемого низкотемпературным аскомицетом *M. nivale* поражения (4 балла) повлекло за собой снижение общей продуктивности растений. Коэффициент корреляции между поражением снежной плесенью на ИФ и урожайностью имел высокосignификантные отрицательные значения ($r = -0,708$) (рис. 3).

Из полученного уравнения регрессии видно, что с ростом поражения на единицу урожайность в среднем снижается на 33,6 г зерна с 1 кв. м.

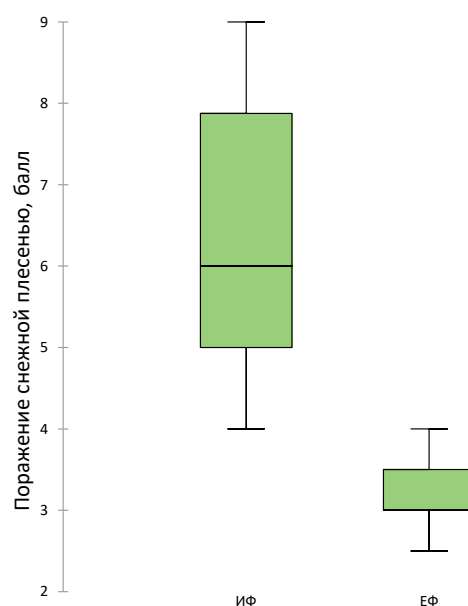
Оценки на устойчивость в условиях искусственного инфекционного фона имеют большое значение, так как соответствуют данным, полученным в условиях естественных эпифитотий, которые случаются с большей частотой, чем десятилетием ранее, позволяют выявлять потенциальную устойчивость и ускоряют селекционный процесс.

Установлено, что данная экспериментальная платформа (искусственный фон) дает большую дифференциацию генетических ресурсов и ежегодно гарантирует успех заражения. Другое преимущество параллельного тестирования на естественном фоне болезни и повышенном инфекционном фоне заключается в том, что генетический материал подвергается полной вариабельности действия патогенов — от слабого до эпифитотийного уровня. Это позволяет объективно определить тяжесть заболевания, которая может сильно варьировать в разных местах и в пределах одного и того же места в отдельные годы, а также избежать использования в гибридизации и последующей селекции слабоустойчивых родительских форм и гибридов.

Сравнение средних значений агрономических параметров на ЕФ и ИФ для одного и того же

Рис. 2. Поражение снежной плесенью 50 сортов из коллекции генетических ресурсов озимой тритикале на искусственном (ИФ) и естественном инфекционном фонах (ЕФ) (среднее за годы исследования)

Fig. 2. Snow mold damage of 50 winter triticale varieties from the collection of genetic resources on artificial and natural infection background (average for the years of the study)



набора образцов озимой тритикале показало сильное влияние пораженности болезнью на степень отрастания и высоту растений (табл. 1). Но особенно значительные различия были обнаружены по урожайности зерна.

Полученные данные свидетельствуют о том, что эпифитотийное развитие снежной плесени приводит к существенному недобору урожайности (на 50,4%).

Результаты полевых исследований показали, что большинство сортообразцов озимой тритикале были восприимчивы к розовой снежной плесени. На естественном фоне самыми устойчивыми (балл 2) были сорта Капрал, Бета 2, Немчиновский 56, Башкирская короткостебельная, Доктрина 110, а самым восприимчивым оказался немецкий сорт Pinokio (6 баллов).

Рис. 3. Регрессионная зависимость урожайности 50 образцов озимой тритикале от поражения РСП на искусственном инфекционном фоне

Fig. 3. Regression relationship of yield of 50 winter triticale samples on pink snow mold damage on artificial infection background

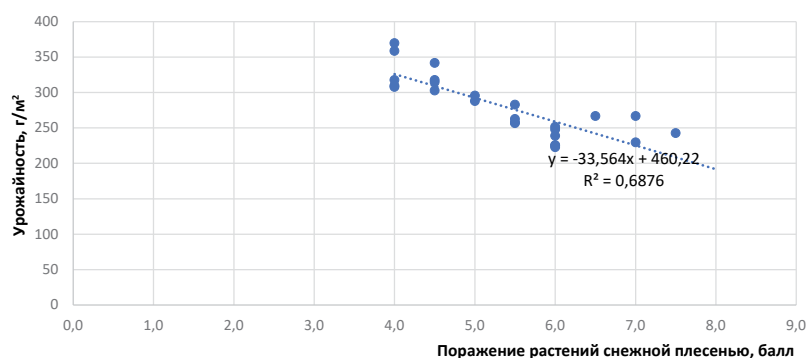


Таблица 1. Средние значения пораженности снежной плесенью, урожайности и элементов структуры урожая 50 образцов тритикале на искусственном и естественном инфекционном фоне

Table 1. Average values of snow mold damage, yield and yield structure elements of 50 triticales samples on artificial and natural infection backgrounds

Признаки	Среднее $\pm$ стандартное отклонение	
	инфекционный фон	естественный фон
Снежная плесень, балл	6,39 $\pm$ 1,52*	3,34 $\pm$ 0,94
Отрастание, балл	5,61 $\pm$ 1,08	3,54 $\pm$ 0,87
Урожайность зерна, г/м ²	280,3 $\pm$ 72,2*	565,5 $\pm$ 94,8
Высота растений, см	96,1 $\pm$ 16,2*	125,4 $\pm$ 13,1

Примечание: * достоверно на 5%-ном уровне значимости.

На искусственном фоне наибольшей устойчивостью к снежной плесени характеризовались сорта Цекад 90, Алтайский 5, Бета 2, Доктрина 110 (балл 4), в наибольшей степени поражены данному заболеванию сорта зарубежной селекции Janke и Witon (Польша), а также сорт Пшеничне (Украина) (балл 9).

Дополнительное обследование посевов в период весеннего отрастания показало, что многие сорта, несмотря на значительное поражение снежной плесенью, обладали хорошей регенерационной способностью на фоне высокой инфекционной нагрузки, хорошо восстанавливались и сформировали дополнительные побеги кущения. Такими особенностями характеризовались сорта озимой тритикале Башкирская короткостебельная, Трибун, Зимогор, Атаман Платов, Сибирский, Цекад 90, Алтайский 5, Легион, Консул, Алмаз, Торнадо, Святозар и Парус.

Высокую поражаемость зарубежных сортов РСП ряд авторов объясняют отсутствием или непродолжительным периодом залегания снежного покрова, в течение которого патоген проявлял свое присутствие в очень слабой степени [20]. В то же время Abdelhalim *et al.* [21] утверждают, что, в отличие

от других возбудителей, *M. nivale* не нуждается в снежном покрове, чтобы нанести ущерб, и по этой причине розовая снежная плесень распространена даже в тех районах, где продолжительность залегания снежного покрова минимальна или его отсутствие заменяется влажными условиями и близкими к нулю температурами.

Ряд авторов показали, что наблюдаемые климатические изменения приводят к распространению термофильных видов грибов с юга на север, а криофильных, каковыми являются возбудители снежной плесени, наоборот, с севера на юг [22]. Эти обстоятельства указывают на необходимость тестирования образцов, включаемых в российские селекционные программы, на устойчивость к этому фитопатогену. При этом основной акцент целесообразно делать на высокое генетическое разнообразие образцов по устойчивости к РСП.

При лабораторном скрининге установлено, что индекс восприимчивости (ИВ) у изучаемых образцов озимой тритикале колебался в пределах 0,46–3,37 (рис. 4). Большинство изученных генотипов (78%), в том числе стандарт Башкирская короткостебельная, имели ИВ выше 0,8 и отнесены к группе восприимчивых образцов. При этом не выявлено образцов с наименьшим индексом восприимчивости (0,10–0,35), относящихся к группе устойчивых.

По результатам оценки сортообразцов методом заражения отсеченных листьев было выявлено, что наименьшая степень поражения составляла 8.3% у белорусского сортообразца Пятрусь. Кроме него, в качестве источников устойчивости были выделены 6 образцов — Кроха, Привада, Горка, Алмаз, Капелла, Трибун, у которых значения ИВ соответствовали группе высокоустойчивых генотипов. Максимальный индекс восприимчивости выявлен у иностранных сортов Ozozko и Witon.

Рис. 4. Ранжирование образцов озимой тритикале по индексу восприимчивости к *M. nivale*. Желтым цветом обозначены умеренно устойчивые (MR) образцы, оранжевым — умеренно восприимчивые (MS), красным — восприимчивые (S), синим — стандарт

Fig. 4. Ranking of winter triticales samples by susceptibility index to *M. nivale*. Yellow color indicates moderately resistant (MR) samples, orange — moderately susceptible (MS), red — susceptible (S), blue — standard

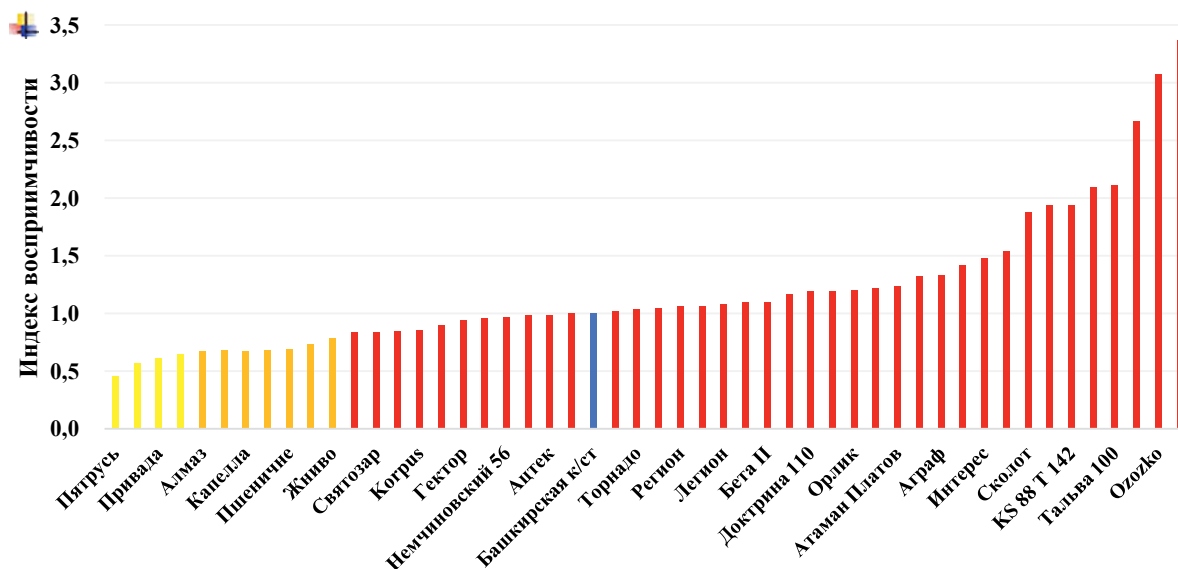
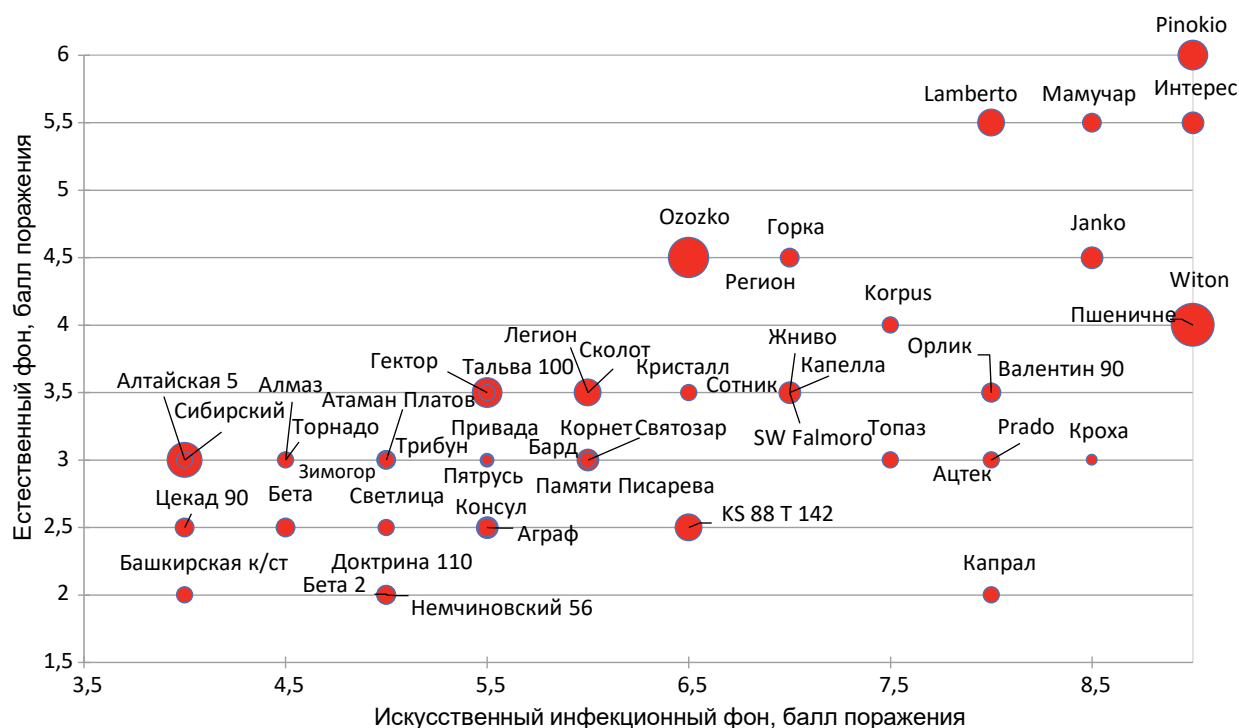


Рис. 5. Поражение образцов озимой тритикале на основе трех оценок (по оси х — на искусственном инфекционном фоне, по оси у — на естественном фоне развития заболевания, размер маркера — на отсеченных листьях)

Fig. 5. Damage of winter triticale samples based on three assessments (abscissa axis — on artificial infection background, ordinate axis — on natural background of disease development marker size — on detached leaves)



Комплексное исследование выборки образцов из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова и крупнейших селекционных центров РФ показало, что, несмотря на относительно хорошую устойчивость озимой тритикале к заболеваниям грибной этиологии, данная культура подвержена серьезному воздействию микромицета *M. nivale*, вызывающего розовую снежную плесень (рис. 5). Наивысшую степень поражения (59,6%) по совокупности всех трех оценок имел образец Witon польского происхождения.

Некоторые сорта (Сибирский, Тальва 100), показавшие неплохой результат в полевых условиях, имели сильное поражение РСП при лабораторном скрининге. И наоборот, сорта Кроха и Горка при довольно сильном поражении на ЕФ и ИФ, при искусственной инокуляции отсеченных листьев показали умеренную устойчивость (ИВ = 0,57 и 0,64).

Выводы/Conclusion

Таким образом, одновременный скрининг образцов озимой тритикале по устойчивости к розовой снежной плесени в естественных и искусственно созданных условиях эпифитотий позволяет выявлять формы, обладающие относительно высоким уровнем устойчивости и генетическим разнообразием по данному признаку, от

которых зависит длительность сохранения устойчивости у будущих сортов.

Лабораторные условия позволяют более точно оценить материал и уже на этом этапе выбраковать неустойчивые к снежной плесени формы, которые не будут использоваться в дальнейшем селекционном процессе.

Установлено, что применение отсеченных листьев и искусственные инокуляции изолятами *Microdochium nivale*, предложенные авторами для поддержания инфекционного фона, вызывают чувствительные и дифференциальные реакции устойчивости сортов озимой тритикале, что позволяет использовать их для дальнейшего исследования генетических ресурсов в селекционной практике.

Для дальнейшего использования в селекции предложены источники полевой устойчивости к снежной плесени — Бета 2, Доктрина 110, Капрал, Немчиновский 56, Башкирская короткостебельная, Цекад 90, Алтайский 5, из которых первые два сорта устойчивы как при естественном заражении, так и при эпифитотийной нагрузке. Высокую устойчивость отсеченных листьев к розовой снежной плесени проявили сорта Пятрусь, Кроха, Привада, Горка, Алмаз, Капелла, Трибун, которые рекомендуется использовать в генетических исследованиях.

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. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Мучнистая роса — опасная болезнь яровой тритикале на Дальнем Востоке. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024; (1): 28–31. <https://doi.org/10.31857/S2500262724010051>
2. Крупенько Н.А. и др. Фитопатологическая ситуация в посевах зерновых культур в Беларуси. *Защита растений*. 2023; 47: 86–93. <https://elibrary.ru/kyvwqq>
3. Mergoum M. et al. Triticale (x *Triticosecale* Wittmack) Breeding. Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds.). *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. Cham: Springer. 2019; 5: 405–451. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_11
4. Каневская И.Ю., Касынкина О.М. Фитопатологическая оценка озимой тритикале. *Аграрный научный журнал*. 2022; (7): 19–21. <http://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp19-21>
5. Сашко Е.Ф., Веверитц Е.К., Лятамбург С.И. Выявление источников устойчивости к септориозу у генотипов озимых тритикале в естественных полевых условиях Республики Молдовы. *Аграрная наука*. 2019; (1): 48–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-48-52>
6. Miedaner T., Flath K., Starck N., Weißmann S., Maurer H.P. Quantitative-Genetic Evaluation of Resistances to Five Fungal Diseases in A Large Triticale Diversity Panel (x *Triticosecale*). *Crops*. 2022; 2(3): 218–232. <https://doi.org/10.3390/crops2030016>
7. Dubas E., Golebiowska G., Zur I., Wedzony M. *Microdochium nivale* (Fr., Samuels & Hallett): cytological analysis of the infection process in triticale (x *Triticosecale* Wittm.). *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011; 33: 529–537. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0576-9>
8. Tsers I. et al. First genome-scale insights into the virulence of the snow mold causal fungus *Microdochium nivale*. *IMA Fungus*. 2023; 14: 2. <https://doi.org/10.1186/s43008-022-00107-0>
9. Ponomareva M. et al. Resistance to Snow Mold as a Target Trait for Rye Breeding. *Plants*. 2022; 11(19): 2516. <https://doi.org/10.3390/plants11192516>
10. Ткаченко О.Б. Снежные плесени: (история изучения, возбудители, их биологические особенности). М.: *Российская академия наук*. 2017; 71. ISBN 978-5-906906-24-3 <https://elibrary.ru/upnzpg>
11. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П. Разнообразие грибов рода *Microdochium*, выявленных на зерновых культурах в России. *Микология и фитопатология*. 2020; 54(5): 347–364. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050049>
12. Gawronska K., Golebiowska-Pikania G. The effects of cold-hardening and *Microdochium nivale* infection on oxidative stress and antioxidative protection of the two contrasting genotypes of winter triticale. *European Food Research and Technology*. 2016; 242(8): 1267–1276. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2630-8>
13. Zhukovsky A., Ilyuk A. Snow mould harmfulness in winter triticale and the efficiency of seed dressing products in the Republic of Belarus. *Progress in Plant Protection*. 2010; 50(4): 1841–1846.
14. Ponomareva M.L., Gorshkov V.Yu., Ponomarev S.N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021; 134(2): 419–433. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03725-7>
15. Temirbekova S.K. et al. Evaluation of Wheat Resistance to Snow Mold Caused by *Microdochium nivale* (Fr) Samuels and I.C. Hallett under Abiotic Stress Influence in the Central Non-Black Earth Region of Russia. *Plants*. 2022; 11(5): 699. <https://doi.org/10.3390/plants11050699>
16. Hudec K., Bokor P. Field pathogenicity of *Fusarium culmorum*, *Fusarium equiseti* and *Microdochium nivale* on triticale. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 2001; 4(S): 312–314.
17. Szechyńska-Hebda M. et al. Identifying QTLs for cold-induced resistance to *Microdochium nivale* in winter triticale. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 296–299. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000268>
18. Gorshkov V. et al. Rye Snow Mold-Associated *Microdochium nivale* Strains Inhabiting a Common Area: Variability in Genetics, Morphotype, Extracellular Enzymatic Activities, and Virulence. *Journal of Fungi*. 2020; 6(4): 335. <https://doi.org/10.3390/jof6040335>
19. Ponomareva M. et al. Resistance to Snow Mold as a Target Trait for Rye Breeding. *Plants*. 2022; 11(19): 2516. <https://doi.org/10.3390/plants11192516>
20. Targonska-Karasek M. et al. Investigation of obsolete diversity of rye (*Secale cereale* L.) using multiplexed SSR fingerprinting and evaluation of agronomic traits. *Journal of Applied Genetics*. 2020; 61(4): 513–529. <https://doi.org/10.1007/s13353-020-00579-z>

REFERENCES

1. Aseeva T.A., Zenkina K.V. Powdery mildew is a dangerous disease of spring triticale in the Far East. *Russian Agricultural Sciences*. 2024; (1): 28–31 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262724010051>
2. Krupenko N.A. et al. Phytopathological situation in the crops of cereals in Belarus. *Plant Protection*. 2023; 47: 86–93 (in Russian). <https://elibrary.ru/kyvwqq>
3. Mergoum M. et al. Triticale (x *Triticosecale* Wittmack) Breeding. Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds.). *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. Cham: Springer. 2019; 5: 405–451. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_11
4. Kanevskaya I.Yu., Kasynkina O.M. Phytopathological assessment of winter triticale. *Agrarian Scientific Journal*. 2022; (7): 19–21 (in Russian). <http://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp19-21>
5. Sashco E.F., Veveritse E.C., Latamborg S.I. Identification of sources of resistance to septoria in genotypes of winter triticale in natural field conditions of the Republic of Moldova. *Agrarian science*. 2019; (1): 48–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-48-52>
6. Miedaner T., Flath K., Starck N., Weißmann S., Maurer H.P. Quantitative-Genetic Evaluation of Resistances to Five Fungal Diseases in A Large Triticale Diversity Panel (x *Triticosecale*). *Crops*. 2022; 2(3): 218–232. <https://doi.org/10.3390/crops2030016>
7. Dubas E., Golebiowska G., Zur I., Wedzony M. *Microdochium nivale* (Fr., Samuels & Hallett): cytological analysis of the infection process in triticale (x *Triticosecale* Wittm.). *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011; 33: 529–537. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0576-9>
8. Tsers I. et al. First genome-scale insights into the virulence of the snow mold causal fungus *Microdochium nivale*. *IMA Fungus*. 2023; 14: 2. <https://doi.org/10.1186/s43008-022-00107-0>
9. Ponomareva M. et al. Resistance to Snow Mold as a Target Trait for Rye Breeding. *Plants*. 2022; 11(19): 2516. <https://doi.org/10.3390/plants11192516>
10. Tkachenko O.B. Snow molds: (history of study, pathogens, their biological features). Moscow: *Russian Academy of Sciences*. 2017; 71 (in Russian). ISBN 978-5-906906-24-3 <https://elibrary.ru/upnzpg>
11. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P. Biodiversity of *Microdochium* fungi occurring on small grain cereals in Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2020; 54(5): 347–364 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0026364820050049>
12. Gawronska K., Golebiowska-Pikania G. The effects of cold-hardening and *Microdochium nivale* infection on oxidative stress and antioxidative protection of the two contrasting genotypes of winter triticale. *European Food Research and Technology*. 2016; 242(8): 1267–1276. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2630-8>
13. Zhukovsky A., Ilyuk A. Snow mould harmfulness in winter triticale and the efficiency of seed dressing products in the Republic of Belarus. *Progress in Plant Protection*. 2010; 50(4): 1841–1846.
14. Ponomareva M.L., Gorshkov V.Yu., Ponomarev S.N., Korzun V., Miedaner T. Snow mold of winter cereals: a complex disease and a challenge for resistance breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021; 134(2): 419–433. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03725-7>
15. Temirbekova S.K. et al. Evaluation of Wheat Resistance to Snow Mold Caused by *Microdochium nivale* (Fr) Samuels and I.C. Hallett under Abiotic Stress Influence in the Central Non-Black Earth Region of Russia. *Plants*. 2022; 11(5): 699. <https://doi.org/10.3390/plants11050699>
16. Hudec K., Bokor P. Field pathogenicity of *Fusarium culmorum*, *Fusarium equiseti* and *Microdochium nivale* on triticale. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 2001; 4(S): 312–314.
17. Szechyńska-Hebda M. et al. Identifying QTLs for cold-induced resistance to *Microdochium nivale* in winter triticale. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 296–299. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000268>
18. Gorshkov V. et al. Rye Snow Mold-Associated *Microdochium nivale* Strains Inhabiting a Common Area: Variability in Genetics, Morphotype, Extracellular Enzymatic Activities, and Virulence. *Journal of Fungi*. 2020; 6(4): 335. <https://doi.org/10.3390/jof6040335>
19. Ponomareva M. et al. Resistance to Snow Mold as a Target Trait for Rye Breeding. *Plants*. 2022; 11(19): 2516. <https://doi.org/10.3390/plants11192516>
20. Targonska-Karasek M. et al. Investigation of obsolete diversity of rye (*Secale cereale* L.) using multiplexed SSR fingerprinting and evaluation of agronomic traits. *Journal of Applied Genetics*. 2020; 61(4): 513–529. <https://doi.org/10.1007/s13353-020-00579-z>

21. Abdelhalim M., Brurberg M.B., Hofgaard I.S., Rognli O.A., Tronsmo A.M. Pathogenicity, host specificity and genetic diversity in Norwegian isolates of *Microdochium nivale* and *Microdochium majus*. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 156(3): 885–895. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01939-5>

22. Muggia L., Ametrano C.G., Sterflinger K., Tesei D. An Overview of Genomics, Phylogenomics and Proteomics Approaches in Ascomycota. *Life*. 2020; 10(12): 356. <https://doi.org/10.3390/life10120356>

ОБ АВТОРАХ

Мира Леонидовна Пономарева

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией
smponomarev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1648-3938>

Назлыгуль Шамсутдиновна Гараева

научный сотрудник
cimba93@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7401-8946>

Сергей Николаевич Пономарев

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
s.ponomarev2020@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8898-4435>

Светлана Юрьевна Павлова

аспирант, младший научный сотрудник
swetlanapavlova00@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6806-800X>

Ирина Олеговна Иванова

аспирант, младший научный сотрудник
010719992010@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0084-3254>

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», Оренбургский тракт, 48, Казань, 420059, Россия

21. Abdelhalim M., Brurberg M.B., Hofgaard I.S., Rognli O.A., Tronsmo A.M. Pathogenicity, host specificity and genetic diversity in Norwegian isolates of *Microdochium nivale* and *Microdochium majus*. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 156(3): 885–895. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01939-5>

22. Muggia L., Ametrano C.G., Sterflinger K., Tesei D. An Overview of Genomics, Phylogenomics and Proteomics Approaches in Ascomycota. *Life*. 2020; 10(12): 356. <https://doi.org/10.3390/life10120356>

ABOUT THE AUTHORS

Mira Leonidovna Ponomareva

Doctor in Biological Science, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory
smponomarev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1648-3938>

Nazlygul Shamsutdinovna Garaeva

Research Associate
cimba93@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7401-8946>

Sergey Nikolaevich Ponomarev

Doctor in Agricultural Sciences, Chief Researcher
s.ponomarev2020@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8898-4435>

Svetlana Yurievna Pavlova

Postgraduate Student, Junior Researcher
swetlanapavlova00@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6806-800X>

Irina Olegovna Ivanova

Postgraduate Student, Junior Researcher
010719992010@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0084-3254>

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", 48 Orenburg tract, Kazan, 420059, Russia



7-я международная выставка
технологий выращивания, хранения
и сбыта плодово-ягодной продукции

САДЫ РОССИИ PRO ЯБЛОКО 2025

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА
ДЛЯ САДОВОДОВ

9-11 ИЮНЯ
2025



г. Минеральные Воды,
МВЦ Минводы ЭКСПО
РЕКЛАМА

УДК 631.22.01

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-114-120

И.М. Довлатов

И.В. Комков ✉

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ ilyakomkov10@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.07.2024

Одобрена после рецензирования: 08.11.2024

Принята к публикации: 22.11.2024

© Довлатов И.М., Комков И.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-114-120

Igor M. Dovlatov

Ilya V. Komkov ✉

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

✉ ilyakomkov10@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.07.2024

Accepted in revised: 08.11.2024

Accepted for publication: 22.11.2024

© Dovlatov I.M., Komkov I.V.,

Математическое имитационное моделирование автоматизированной системы для снижения теплового стресса и сходимость с теоретическими значениями

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Известно, что продуктивные качества животных зависят от генетической составляющей и условий содержания животных. Ввиду того что микроклимат помещения следует воспринимать как сложную динамическую систему, необходимо определить ряд факторов, которые оказывают наибольшее влияние на ее взаимосвязь с живыми организмами. Для создания благоприятных условий в помещениях для содержания крупного рогатого скота необходимо соблюдать регламентированные значения из нормативных документов. Наибольшей проблемой на сегодняшний момент в регулировании микроклимата является пагубное влияние теплового стресса. Как правило, он возникает в результате неконтролируемого повышения температуры в помещении для содержания скота. На сегодняшний день с тепловым стрессом борются несколькими способами: использованием специализированного оборудования, фармакологическим, предупреждением пагубного влияния, генетическим. При этом способы для снижения влияния теплового стресса до сих пор являются недостаточными, ввиду чего в настоящее время проводятся исследования по созданию новых систем.

Цель исследования — проведение имитационного моделирования для проверки значений, полученных в результате теоретических исследований. Использовались программы автоматизированного проектирования и обработки данных, такие как «Компас-3D» и Microsoft Office.

Результаты. Результаты исследования позволяют установить, что скорость выходящего потока воздуха в момент выхода из воздуховода составляет 1,615 м/с, а скорость воздушного потока при приближении к крупному рогатому скоту снижается до 0,450 м/с. Данные значения ниже теоретического на 15% и 10% соответственно. Связь результатов имитационного моделирования и теоретических значений является прямой и имеет сильную тесноту связи, сходимость равна 0,86.

Ключевые слова: имитационное моделирование, микроклимат, содержание, автоматизация производства, скоростной поток

Для цитирования: Довлатов И.М., Комков И.В. Математическое имитационное моделирование автоматизированной системы для снижения теплового стресса и сходимость с теоретическими значениями. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 114–120.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-114-120>

Mathematical simulation modeling of an automated system to reduce heat stress and convergence to theoretical values

ABSTRACT

Relevance. It is known that the productive qualities of animals depend on the genetic component and animal housing conditions. Due to the fact that the microclimate of the room should be perceived as a complex dynamic system, it is necessary to determine a number of factors that have the greatest influence on its relationship with living organisms. In order to create favorable conditions in the premises for keeping cattle, it is necessary to comply with the regulated values from normative documents. The biggest problem at the moment in microclimate regulation is the detrimental effect of heat stress. As a rule, it is caused by uncontrolled temperature increase in the cattle housing. To date, heat stress is combated in several ways: the use of specialized equipment, pharmacological, prevention of harmful effects, genetic. At the same time used methods to reduce the impact of heat stress is still insufficient, in view of which nowadays research is conducted to create new systems.

The purpose of the study was to conduct simulation modeling to verify the values obtained from theoretical studies. Computer-aided design and data processing programs such as Compass-3D and Microsoft Office were used.

Results. The results of the study allow us to establish that the velocity of the outgoing air flow at the moment of exit from the duct is 1.615 m/s, and the velocity of the air flow when approaching the cattle decreases and reaches 0.450 m/s. These values are lower than the theoretical one by 15% and 10% respectively. The relationship between the results of simulation modeling and theoretical values is direct and has a strong closeness of relationship, convergence is equal to 0.86.

Key words: simulation modeling, microclimate, content, production automation, velocity flow

For citation: Dovlatov I.M., Komkov I.V. Mathematical simulation modeling of an automated system to reduce heat stress and convergence to theoretical values. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 114–120 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-114-120>

Введение/Introduction

Известно, что продуктивные качества животных зависят от генетической составляющей и условий содержания животных. В действительности условиям содержания уделяется недостаточный уровень внимания, что провоцирует неспособность животных в полной мере раскрыть свои продуктивные возможности. В условия содержания входят кормление, поение, навозоудаление, поддержание благоприятного уровня микроклимата [1–3].

Ввиду того что микроклимат помещения следует воспринимать как сложную динамическую систему, необходимо определить ряд факторов, которые оказывают наибольшее влияние на ее взаимосвязь с живыми организмами. Можно выделить температуру, уровень относительной влажности, концентрацию вредных газов, скорость воздушных потоков и освещенность. Их регулирование позволяет вносить изменения в данную систему [4].

Для создания благоприятных условий в помещениях для содержания крупного рогатого скота необходимо соблюдать регламентированные значения из нормативных документов. Это позволит в полной степени реализовать генетический потенциал животных¹.

Например, при несоблюдении нормативных значений ПДК наблюдаются снижение продуктивности крупного рогатого скота на 10–15%, перерасход кормов до 20% и, как следствие, снижение эффективности фермерского хозяйства [5, 6].

Наибольшей проблемой на сегодняшний момент в регулировании микроклимата является пагубное влияние теплового стресса. Как правило, он возникает в результате неконтролируемого повышения температуры в помещении для содержания скота. Впоследствии это может приводить к ухудшению продуктивных качеств скота вплоть до 35% [7–9].

Известно, что для ликвидации влияния теплового стресса организм животного включает компенсаторные механизмы, начинается секреция ряда гормонов, что приводит к нарушению гомеостаза эндокринной системы. В дальнейшем это приводит к ухудшению общего состоянию организма [10, 11].

Это может приводить к изменению процессов брожения в рубце, долговременное воздействие способно привести к снижению удоев на 35–40% и в дальнейшем к увеличению смертности крупного рогатого скота [12, 13].

На сегодняшний день с тепловым стрессом борются несколькими способами: использованием специализированного оборудования, фармакологическим, предупреждением пагубного влияния, генетическим.

Для снижения влияния теплового стресса на некоторых предприятиях используются фармакологические средства, которые не позволяют

регуляторным механизмам организма снижать молочную продуктивность крупного рогатого скота. В иных случаях фермеры используют энергетические добавки, которые позволяют повысить молочную продуктивность, увеличить содержание массовой доли жира и белка и снизить потери живой массы в период раздоя [14, 15].

Такие способы снижения влияния теплового стресса потенциально могут пагубно влиять на организм животного. Параллельно с этим используется иной способ — генетический, а точнее, селекционные мероприятия для выведения породы скота, которая не страдает от повышения значений теплового стресса. Известно, что выведение помесных животных способствует выведению пород, устойчивых к избыточному теплу и с высокой молочной продуктивностью [16, 17].

Но наиболее дешевыми и относительно нейтральными для организма животных способами являются профилактические мероприятия и использование специализированного оборудования. Профилактические мероприятия заключаются в обеспечении животных большим количеством воды, использовании навесов и регулировании температуры. В качестве специализированного оборудования используются вентиляционные рукава, патрубки с мелкодисперсным распылением жидкости и вентиляторы для обеспечения точечного обдува, увлажнения кожного покрова и смены воздушных масс соответственно. Таким образом достигается теплообмен между организмом животного и окружающей средой [18–21].

При этом используемые способы для снижения влияния теплового стресса до сих пор являются недостаточными, ввиду чего в настоящее время проводятся исследования по созданию новых систем.

Цель исследования — провести имитационное моделирование для проверки значений, полученных в результате теоретических исследований.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

При проведении научной работы на базе лаборатории цифровых систем мониторинга для животноводства в Федеральном научном агроинженерном центре «ВИМ» в 2023–2024 гг. была использована программа автоматизированного проектирования «Компас-3D» (САПР) от компании ООО «АСКОН-Системы проектирования». Для обработки полученных данных был использован пакет программ Microsoft Office, в частности Microsoft Excel, от компании Microsoft (США).

В предыдущих исследованиях была разработана и представлена методика расчета скорости выходящего воздушного потока и давления в воздуховоде автоматизированной системы для

¹ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

снижения теплового стресса крупного рогатого скота. Скорость воздушного потока на разной высоте определялась формулой:

$$Un + 1 = \frac{0,96}{\frac{\alpha 0 \times x}{r0} + 0,29}$$

где: $Un + 1$ — скорость воздушного потока на рассматриваемом сечении; Un — скорость воздушного потока в момент выхода; x — расстояние от выходного отверстия насадка до рассматриваемого сечения струи; $r0$ — радиус отверстия; $\alpha 0$ — коэффициент структуры турбулентной струи, для круглой струи принимается $\alpha 0 = 0,07/0,08$ [22].

Для подтверждения корректного функционирования системы необходимо провести лабораторные испытания (имитационное моделирование). В качестве испытаний было выбрано имитационное моделирование в программном комплексе SolidWorks 2020 от разработчика Dassault Systèmes компании SolidWorks (США). Выбранные уровни проведения имитационного обусловлены программным комплексом SolidWorks, так как необходимо определить скорость воздушного потока возле животных в момент выхода и на расстоянии, равном половине длины (с погрешностью 15%) от пола до спины животного и от спины животного до выходного отверстия воздуховода.

В программу необходимо вносить конструктивные данные системы и ее технические характеристики: материал, использованный для системы, — гибкий поливинилхлорид² с толщиной 1 мм; диапазон температур от -30°C до $+70^{\circ}\text{C}$; содержание пластификатора — 33% DINP по массе; жесткость при изгибе — 12 МПа; предел прочности при растяжении — 21 МПа. Является слаботоксичным веществом³, ввиду этого допускается для использования в местах для содержания животных. Устойчив к действию кислот, щелочей, растворов солей, жиров и спиртов. Необходимо введение внешних факторов: температура — 20°C ; ускорение свободного падения принято как $9,8 \text{ м/с}^2$; плотность воздуха — $1,204 \text{ кг/м}^3$; плотность воды — 1000 кг/м^3 ; динамическая вязкость воздуха — $18,5 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$. Атмосферное давление стандартное — $750,063783 \text{ мм рт. ст.}$. Жидкость при распылении должна быть мелкодисперсной (не более 150 мкм , желательно приближена к 70 мкм).

Воздуховод. Длина 11 м , диаметр 1 м , выходные отверстия расположены на расстоянии $1,1 \text{ м}$ друг от друга по центральной оси воздуховода по направлению движения воздушного потока с

диаметром $0,05 \text{ м}$. Давление, создаваемое приточным вентилятором, — $34,15 \text{ Па}$. Расход вентилятора $21\,279 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Гидролиния. Длина гидролинии $14,7 \text{ м}$, вертикальный участок $3,7 \text{ м}$, горизонтальный 11 м , между данными участками имеется сгиб 90° . Диаметр гидролинии $0,012 \text{ м}$. На горизонтальном участке располагаются форсунки на расстоянии $1,1 \text{ м}$ друг от друга, возле выходных отверстий воздуховода диаметр форсунки $0,00051 \text{ м}$. Давление, создаваемое насосом, — $1,84 \text{ МПа}$, расход $2,5 \text{ л/мин}$, напор $187,4 \text{ м}$.

Из предыдущих исследований установлено, что оборудование над животными должно располагаться на высоте от $2,4 \text{ м}$ [22]. Уровень шума, который генерируется оборудованием, должен быть меньше $65\text{--}70 \text{ дБ}$. Материалы, из которых выполнено оборудование, должны быть устойчивы к агрессивной среде, безопасны для животных и человека. Ограничения по содержанию в воздухе мелкодисперсных частиц и твердых примесей не более 100 мг/м^3 . Рабочая температура от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Часть системы (гидролиния) должна быть герметична. Система должна быть способна регулировать уровень относительной влажности от 40 до 75% для основных помещений с лактирующим стадом и скорость ветра от $0,5$ до 1 м/с для них же. В качестве животного выбрана корова черно-пестрой голштинизированной породы ростом $1,3 \text{ м}$.

План проведения математического имитационного моделирования:

1. Создание имитационной модели воздуховода.
2. Внесение данных системы для снижения теплового стресса в программный комплекс SolidWorks 2020.
3. Внесение данных: температура $t (^{\circ}\text{C})$; уровень относительной влажности $W (\%)$; плотность воздуха $\rho (\text{кг/м}^3)$; ускорение свободного падения $g (\text{м/с}^2)$; динамическая вязкость воздуха $\eta (\text{Па}\cdot\text{с})$; атмосферное давление (мм рт. ст.) и т. д.
4. Запуск имитационного моделирования в программном комплексе.
5. Сбор данных по проведенному имитационному моделированию, определение скорости в воздуховоде.
6. Статистический анализ полученных данных и сравнение их с теоретическими значениями.
7. Формирование общих выводов касательно системы.

Для определения корреляционной зависимости теоретически полученных данных и результатов имитационного моделирования была выбрана методика расчета коэффициента корреляции

² Центр труб пласт. — URL: <https://www.ctpl.ru/articles/harakteristiki-polivinilhlorida-i-trub-iz-pvh/> (дата обращения: 22.03.2024).

³ Поливинилхлорид (ПВХ): основные свойства, область применения. — URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/38/> (дата обращения: 22.03.2024); Химические свойства и применение поливинилхлорида. Виды ПВХ. Полимерный материал на основе ПВХ. — URL: <https://wireelectric.ru/electrical-safety/himicheskie-svoistva-i-primenenie-polivinilhlorida-vidy-pvh-polimernyi/> (дата обращения: 22.03.2024).

Пирсона [23]. Для проведения расчета использована формула:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \times \sum(y - \bar{y})^2}}$$

где: x — значения, принимаемые переменной X ; $\bar{x}$ — среднее арифметическое значений X ; y — значения, принимаемые переменной Y ; $\bar{y}$ — среднее арифметическое значений y .

Определение средней арифметической осуществлялось с помощью формул:

$$\bar{x} = \frac{\sum(x)}{n}, \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum(y)}{n}, \quad (4)$$

Определение существенности коэффициента корреляции проводилось с помощью t-критерия Стьюдента:

$$tp = \frac{r \times \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}, \quad (5)$$

где: tp — t-критерий Стьюдента расчетный; r — коэффициент корреляции; n — выборка, количество взятых чисел.

Определение числа степеней свободы проводилось с использованием формулы:

$$df = n - 2. \quad (6)$$

На основе данных шкалы Чеддока (табл. 1) возможно определить тесноту связи⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунке 1 представлено изображение выхода воздушного потока из системы.

По результатам проведенного ранее исследования были определены значения скорости выхода воздушного потока из выходных отверстий воздуховода (она равняется 1,9 м/с и соответствуют регламентированным значениям нормативных документов⁵). Данные скорости воздушного потока на разных высотах представлены ниже (табл. 2).

На рисунках 2, 3 приведены результаты имитационного моделирования. Было определено, что

Таблица 1. Шкала Чеддока, теснота связи [24]

Table 1. Cheddock scale, closeness of relationship [24]

Величина коэффициента корреляции при наличии		Характер связи
прямой связи	обратной связи	
0,1–0,3	-0,3–0,1	Практически отсутствует
0,3–0,5	-0,5–0,3	Слабая
0,5–0,7	-0,7–0,5	Умеренная
0,7–0,9	-0,9–0,7	Сильная
0,9–0,99	-0,99–0,9	Весьма сильная

⁴ Оценка тесноты связи. — URL: <https://studfile.net/preview/2997374/page:10/> (дата обращения: 20.03.2024).

⁵ Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота РД-АПК 1.10.01.01-18.

Рис. 1. Схематичное изображение выхода свободной струйки воздушного потока из системы для снижения теплового стресса крупного рогатого скота: U_1 — скорость потока воздуха в момент выхода из воздуховода, м/с; U_2 — скорость потока воздуха возле животного, м/с; U_3 — скорость потока воздуха в помещении по направлению к животному, м/с; r_0 — радиус отверстия, м; X — расстояние от выходного отверстия до рассматриваемого сечения струи, м; X_n — расстояние от выходного отверстия до начального участка струи, м; h — расстояние от животного до воздуховода, м

Fig. 1. Schematic representation of free airflow jet exit from the system to reduce heat stress in cattle: U_1 — air flow velocity at the moment of exit from the duct, m/s; U_2 — air flow velocity near the animal, m/s; U_3 — air flow velocity in the room towards the animal, m/s; r_0 — radius of the hole, m; X — distance from the exit hole to the considered section of the jet, m; X_n — distance from the exit hole to the initial section of the jet, m; h — distance from the animal to the duct, m

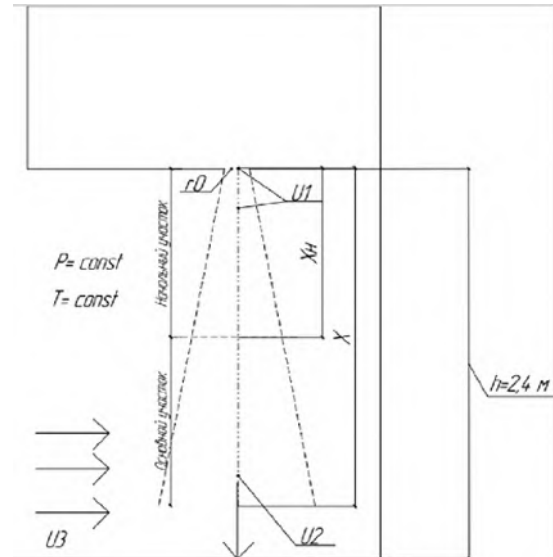


Таблица 2. Скорость воздушного потока на разных высотах

Table 2. Air velocity at different altitudes

Участок	1	2	3	4
Высота до пола, м	3,7	2,983	1,3	0,65
Скорость, м/с	1,9	1,41	0,5	0,4

Рис. 2. Выход и распределение воздушных потоков из автоматизированной системы для снижения теплового стресса (вид с торца)

Fig. 2. Exit and distribution of air flows from the automated system for heat stress reduction (end view)

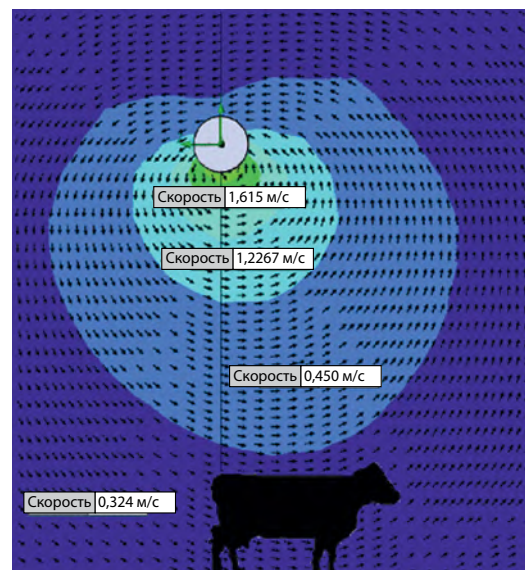


Рис. 3. Выход воздушного потока из автоматизированной системы для снижения теплового стресса (вид сбоку)

Fig. 3. Airflow output from automated system for heat stress reduction (side view)

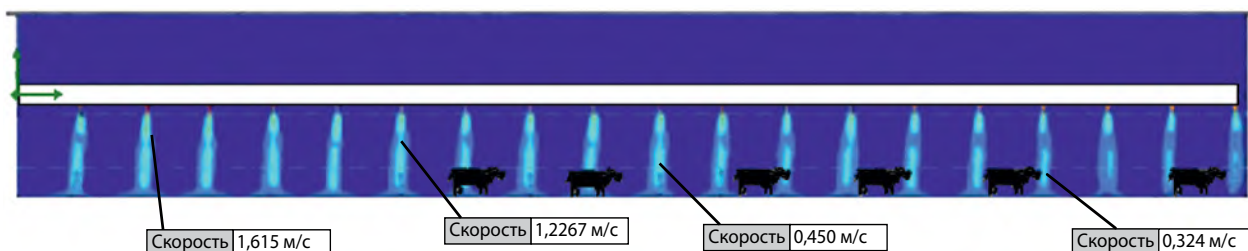


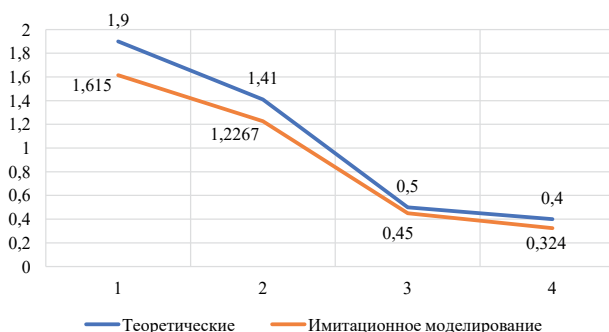
Таблица 3. Данные, полученные теоретическим способом и в результате имитационного моделирования

Table 3. Data obtained theoretically and by simulation modeling

№	Теоретические	Имитационное моделирование	Коэффициент корреляции
1	1,90	1,6150	0,85
2	1,41	1,2267	0,87
3	0,50	0,4500	0,90
4	0,40	0,3240	0,81

Рис. 4. Сходимость данных скорости выходного потока воздуха по направлению к животному, м/с

Fig. 4. Convergence of air outlet velocity data towards the animal, m/s



распределение воздушных масс осуществляется по направлению к животным в форме окружности, за счет этого достигается большая площадь обдува животных, что оказывает благоприятное воздействие.

По результатам моделирования (рис. 2) можно определить, что скорость выходящего потока воздуха достигает значения 0,324 м/с примерно на половине высоты животного. В непосредственной близости к животному скорость выходящего потока составила 0,45 м/с.

Исходя из данных, представленных на рисунке 3, можно определить, что скорость в момент выхода из выходного отверстия составляет 1,615 м/с, а по мере приближения к телу животного снижается до 0,450 м/с. На основе данных,

полученных в предыдущих исследованиях и в результате имитационного моделирования, были сформированы таблица 3 и рисунок 4.

Общий коэффициент корреляции данных определяется как среднее арифметическое коэффициентов корреляции в четырех точках, он составляет $0,8575 \approx 0,86$ при $p \leq 0,01$. Число степеней свободы на основе формулы (6) равно 8. При том условии, что $t_p = 4,7658$ (t-критерий Стьюдента табличный при $p \leq 0,01$ соответствует 3,36), коэффициент корреляции можно считать значимым, а связь существенной⁶. Из всего вышеописанного можно утверждать, что связь является прямой и сильной между теоретическими значениями и данными результата имитационного моделирования.

Выводы/Conclusions

При проведении лабораторных испытаний (имитационного моделирования) установлено, что скорость выходящего потока воздуха в момент выхода из воздуховода составляет 1,615 м/с. Данное значение ниже теоретического на 15%. Это может свидетельствовать о достоверности теоретических расчетов.

Выявлено, что скорость воздушного потока при приближении к крупному рогатому скоту снижается и достигает 0,45 м/с. Данные значения скорости превышают минимальные регламентированные значения на 10%, при этом остаются в допустимом диапазоне, а превышение ниже 15% можно считать незначительным в рамках помещения для содержания крупного рогатого скота.

Связь результатов имитационного моделирования и теоретических значений является прямой и сильной, сходимость равна 0,86.

При проведении дальнейших исследований рекомендуется провести натурные испытания в хозяйстве, (в реальных условиях) для сравнения с данными, полученными в результате теоретического исследования и имитационного моделирования.

⁶ Кричевец А.Н., Корнеев А.А., Рассказова Е.И. Основы статистики для психологов. М.: Акрополь. 2019; 286. ISBN 978-5-98807-086-3

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

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Довлатов И.М., Юфев Л.Ю. Расчет расстояния от источника УФ-облучения, обеспечивающего необходимую дозу эффективного облучения. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018; (3): 618–625. <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdrakhmanov T. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <https://doi.org/10.31893/jabb.22030>
- Кирсанов В.В., Довлатов И.М., Юрочка С.С., Комков И.В. Разработка параметрической модели определения газового состава воздушной среды (аммиак, сероводород, углекислый газ) животноводческого помещения. *Агроинженерия*. 2023; 25(3): 13–22. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-13-22>
- Зюкин Д.А., Петрушина О.В., Лисицына Ю.В., Руденко С.Р. Роль сельского хозяйства в продовольственном обеспечении: основные результаты и направления развития. *Вестник НГИЭИ*. 2024; (2): 82–92. <https://www.elibrary.ru/scvdoc>
- Растимешин С.А., Трунов С.С., Каткова Ю.Б. Обеспечение микроклимата в животноводческих помещениях. *Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. Сборник трудов V Международной научно-технической конференции*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. 2011; 160–161. <https://www.elibrary.ru/tichdj>
- Колотушкин А.Н., Юрочка С.С., Васина М.Ю., Довлатов И.М. Устройство автоматического регулирования качества воздуха в животноводческих помещениях. *Агротехника и энергообеспечение*. 2021; (3): 17–23. <https://www.elibrary.ru/gwbzj>
- Абилова Г.У., Хон Ф.К., Лычагин Е.А. Влияние экстремально жаркой погоды на воспроизводительные способности высокопродуктивных коров. *Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 445–449. <https://www.elibrary.ru/kwqqyh>
- Малинин И., Садовникова Н. Влияние теплового стресса на продуктивность молочного и мясного скота. *Эффективное животноводство*. 2016; (5): 34–37. <https://www.elibrary.ru/wcnvkb>
- Dovolou E., Giannoulis T., Nanas I., Amiridis G.S. Heat Stress: A Serious Disruptor of the Reproductive Physiology of Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(11): 1846. <https://doi.org/10.3390/ani13111846>
- Collier R.J., Baumgard L.H., Zimbelman R.B., Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*. 2019; 9(1): 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
- Буряков Н.П., Бурякова М.А., Алешин Д.А. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2016; (3): 5–13. <https://www.elibrary.ru/witnhf>
- Jiang M. et al. Effect of Slow-Release Urea Partial Replacement of Soybean Meal on Lactation Performance, Heat Shock Signal Molecules, and Rumen Fermentation in Heat-Stressed Mid-Lactation Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(17): 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
- Рудь Е.Н., Кузьмина Е.В., Семенов М.П., Абрамов А.А., Наталенко В.А. Фармакокоррекция теплового стресса у крупного рогатого скота. *Ветеринария Кубани*. 2022; (5): 16–18. <https://www.elibrary.ru/dnkhdp>
- Korotkiy V.P., Yurina N.A., Yurin D.A., Buryakov N.P., Ryzhov V.A., Marisov S.S. Опыт применения фитобиотической кормовой добавки в летних условиях юга России. *Эффективное животноводство*. 2020; (4): 121–123. <https://www.elibrary.ru/kndkcq>
- Kalemkeridou M. et al. Genetic diversity and thermotolerance in Holstein cows: Pathway analysis and marker development using whole-genome sequencing. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(1): 146–157. <https://doi.org/10.1111/rda.14274>

REFERENCES

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu. The calculation of the distance from the source of UV radiation provides the necessary effective dose of radiation. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018; (3): 618–625 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdrakhmanov T. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <https://doi.org/10.31893/jabb.22030>
- Kirsanov V.V., Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Komkov I.V. Development of a parametric model for determining the gas composition of the air environment (ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide) of livestock premises. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023; 25(3): 13–22 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-13-22>
- Zyukin D.A., Petrushina O.V., Lisitsyna Yu.V., Rudenko S.R. The role of agriculture in food security: main results and directions of development. *Bulletin NGIEI*. 2024; (2): 82–92 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/scvdoc>
- Rastimeshin S.A., Trunov S.S., Katkova Yu.B. Provision of microclimate in livestock buildings. *Low-temperature and food technologies in the XXI century. Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference*. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Engineering. 2011; 160–161 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tichdj>
- Kolotushkin A.N., Yurochka S.S., Vasina M.Yu., Dovlatov I.M. Device for automatic air quality control in livestock premises. *Agrotekhnika i energoobespecheniye*. 2021; (3): 17–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gwbzj>
- Abileva G.U., Khon F.K., Lychagin E.A. Influence of extremely hot weather on the reproductive abilities of highly productive cows. *Achievements and prospects of scientific and innovative development of agroindustrial complex. Collection of articles based on the materials of the III All-Russian (national) scientific and practical conference*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2022; 445–449 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kwqqyh>
- Malinin I., Sadovnikova N. Influence of heat stress on the productivity of dairy and beef cattle. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2016; (5): 34–37 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wcnvkb>
- Dovolou E., Giannoulis T., Nanas I., Amiridis G.S. Heat Stress: A Serious Disruptor of the Reproductive Physiology of Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(11): 1846. <https://doi.org/10.3390/ani13111846>
- Collier R.J., Baumgard L.H., Zimbelman R.B., Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*. 2019; 9(1): 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
- Buryakov N.P., Buryakova M.A., Aleshin D.A. Heat stress and feeding features of the dairy cattle. *Russian veterinary journal. Productive animals*. 2016; (3): 5–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/witnhf>
- Jiang M. et al. Effect of Slow-Release Urea Partial Replacement of Soybean Meal on Lactation Performance, Heat Shock Signal Molecules, and Rumen Fermentation in Heat-Stressed Mid-Lactation Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(17): 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
- Rud E.N., Kuzminova E.V., Semenenko M.P., Abramov A.A., Natalenko V.A. Pharmacotherapy of heat stress in large horned cattle. *Veterinaria Kubani*. 2022; (5): 16–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dnkhdp>
- Korotkiy V.P., Yurina N.A., Yurin D.A., Buryakov N.P., Ryzhov V.A., Marisov S.S. Experience in the use of phytobiotic feed additive in the summer conditions of southern Russia. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2020; (4): 121–123 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kndkcq>
- Kalemkeridou M. et al. Genetic diversity and thermotolerance in Holstein cows: Pathway analysis and marker development using whole-genome sequencing. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(1): 146–157. <https://doi.org/10.1111/rda.14274>

17. Mullakkalparambil Velayudhan S. *et al.* Effects of Heat Stress across the Rural-Urban Interface on Phenotypic Trait Expressions of Dairy Cattle in a Tropical Savanna Region. *Sustainability*. 2022; 14(8): 4590. <https://doi.org/10.3390/su14084590>

18. Пирон О., Малинин И. Как пережить тепловой стресс и не потерять молоко. *Животноводство России*. 2015; (6): 48–50. <https://elibrary.ru/uiqygf>

19. Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Pavkin D.Y., Polikanova A.A. Technology of Forced Ventilation of Livestock Premises Based on Flexible PVC Ducts. Vasant P. *et al.* (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2023 (ICO2023)*. Cham: Springer. 2023; 2: 353–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50330-6_34

20. Морозов Н.М., Кирсанов В.В., Ценч Ю.С. Историко-аналитическая оценка развития процессов автоматизации и роботизации в молочном животноводстве. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023; 17(1): 11–18. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-11-18>

21. Mohsenimanesh A. *et al.* Review: Dairy Farm Electricity Use, Conservation, and Renewable Production—A Global Perspective. *Applied Engineering in Agriculture*. 2021; 37(5): 977–990. <https://doi.org/10.13031/aea.14621>

22. Довлатов И.М., Комков И.В., Владимиров Ф.Е., Базаев С.О. Определение скорости выходящего воздушного потока и давления в воздуховоде автоматизированной системы для снижения теплового стресса КРС. *Техника и технологии в животноводстве*. 2024; 14(2): 30–35. <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-2-30>

23. Саадалов Т., Мырзабраимов Р., Абдуллаева Ж.Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения. *Бюллетень науки и практики*. 2021; 7(10): 270–276. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>

24. Dorokhov A.S., Ivanov Y.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Y., Vladimirov F.E. Diagnosing sub-acute rumen acidosis in cows in the post-calving period with digital technologies. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2021; 73(2): 271–276. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12170>

ОБ АВТОРАХ

Игорь Мамедьяревич Довлатов

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Илья Владимирович Комков

младший научный сотрудник
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

17. Mullakkalparambil Velayudhan S. *et al.* Effects of Heat Stress across the Rural-Urban Interface on Phenotypic Trait Expressions of Dairy Cattle in a Tropical Savanna Region. *Sustainability*. 2022; 14(8): 4590. <https://doi.org/10.3390/su14084590>

18. Piron O., Malinin I. How to live through thermal stress and not to lose milk. *Animal Husbandry of Russia*. 2015; (6): 48–50 (in Russian). <https://elibrary.ru/uiqygf>

19. Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Pavkin D.Y., Polikanova A.A. Technology of Forced Ventilation of Livestock Premises Based on Flexible PVC Ducts. Vasant P. *et al.* (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2023 (ICO2023)*. Cham: Springer. 2023; 2: 353–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50330-6_34

20. Morozov N.M., Kirsanov V.V., Tsench Yu.S. Historical and Analytical Assessment of Automation and Robotization for Milking Processes. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023; 17(1): 11–18 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-11-18>

21. Mohsenimanesh A. *et al.* Review: Dairy Farm Electricity Use, Conservation, and Renewable Production—A Global Perspective. *Applied Engineering in Agriculture*. 2021; 37(5): 977–990. <https://doi.org/10.13031/aea.14621>

22. Dovlatov I.M., Komkov I.V., Vladimirov F.E., Bazaev S.O. Determination of outgoing air flow velocity and pressure in the airpipe of the automated system for cattle's thermal stress reducing. *Machinery and technologies in livestock*. 2024; 14(2): 30–35 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/27132064-2024-2-30>

23. Saadalov T., Myrzaibraimov R., Abdullaeva Zh.D. Calculating procedure for the correlation coefficient of Fechner and Pearson and their application areas. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7(10): 270–276 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>

24. Dorokhov A.S., Ivanov Y.A., Kirsanov V.V., Pavkin D.Y., Vladimirov F.E. Diagnosing sub-acute rumen acidosis in cows in the post-calving period with digital technologies. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2021; 73(2): 271–276. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12170>

ABOUT THE AUTHORS

Igor Mamedyarevich Dovlatov

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Ilya Vladimirovich Komkov

Junior Research Assistant
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

УДК 664.664.9

Научный обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-121-129

И.В. Калинина ✉

И.Ю. Потороко

А.А. Руськина

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ kalininaiv@susu.ru

Поступила в редакцию: 09.11.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Калинина И.В., Потороко И.Ю., Руськина А.А.

Review



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-121-129

Irina V. Kalinina ✉

Irina Yu. Potoroko

Alena A. Ruskina

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

✉ kalininaiv@susu.ru

Received by the editorial office: 09.11.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Kalinina I.V., Potoroko I.Yu., Ruskina A.A.

Микотоксины в пищевых системах: механизмы деградации для обеспечения эффективности нетепловых воздействий обеззараживания

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Микотоксины представляют собой структурно разнообразную группу преимущественно низкомолекулярных соединений, вырабатываемых плесневыми грибами. Загрязненное микотоксинами продовольственное сырье и продукты питания представляют серьезную угрозу для обеспечения продовольственной безопасности, поскольку микотоксины способны вызывать острые или хронические отравления. По этой причине критическую актуальность приобретает поиск эффективных методов детоксикации пищевых систем от микотоксинов, потенциально масштабируемых в реальных производственных условиях. Вместе с тем детоксикация микотоксинов представляет собой многоаспектную задачу, решение которой предполагает системное понимание комплекса факторов.

Цели исследования — сбор, анализ и систематизация научных данных в области основных видов загрязнителей продовольственного сырья из класса микотоксинов, их потенциальной опасности; раскрытие возможных механизмов деградации микотоксинов при воздействии нетепловых факторов.

Методы. Аналитический анализ научных публикаций по теме исследования выполнен с использованием баз Elibrary и Sciencedirect по различным поисковым запросам за 2020–2025 гг.

Результаты. Результаты проведенного анализа показали, что в научной литературе представлено огромное количество исследований, убедительно доказывающих высокий уровень токсичности микотоксинов, которые наиболее распространены в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Такие микотоксины, как афлатоксины, дезоксиниваленол, зеараленон, охратоксины, фумонизины, ниваленол, энниатин, Т-2, HT-2 и патулин, могут вызывать хроническую или острую токсичность у животных и людей, включая гепатотоксичность, нефротоксичность, канцерогенность, нейротоксичность, иммунотоксичность, тератогенность и мутагенность. Поиск эффективных и масштабируемых методов обеззараживания пищевых систем от микотоксинов преимущественно сосредоточен в области использования нетеплового воздействия. Среди таких методов наиболее перспективным признается холодное плазменное воздействие. Существенное количество исследований доказывает способность холодной плазмы разрушать до 100% микотоксинов в загрязненных пищевых системах.

Ключевые слова: микотоксины, методы обеззараживания, холодная плазма, механизмы детоксикации

Для цитирования: Калинина И.В., Потороко И.Ю., Руськина А.А. Микотоксины в пищевых системах: механизмы деградации для обеспечения эффективности нетепловых воздействий обеззараживания. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 121–129.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-121-129>

Mycotoxins in food systems: degradation mechanisms for effective non-thermal disinfection

ABSTRACT

Relevance. Mycotoxins are a structurally diverse group of predominantly low-molecular-weight compounds produced by molds. Mycotoxin-contaminated food raw materials and products pose a serious threat to food security, as mycotoxins can cause acute or chronic poisoning. Therefore, the search for effective methods of detoxifying food systems from mycotoxins, with the potential for scalability in real production conditions, is of critical importance. However, detoxification of mycotoxins is a multifaceted challenge, requiring a systematic understanding of a range of factors.

The objectives of the study are to collect, analyze and systematize scientific data in the field of the main types of pollutants of food raw materials from the class of mycotoxins, their potential danger; disclosure of possible mechanisms of degradation of mycotoxins under the influence of non-thermal factors.

Methods. The analytical analysis of scientific publications on the research topic was performed using the Elibrary and Sciencedirect databases for various search queries for 2020–2025.

Results. The analysis revealed a vast body of scientific literature demonstrating the high toxicity levels of mycotoxins commonly found in food raw materials and products. Mycotoxins such as aflatoxins, deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxins, fumonisins, nivalenol, enniatin, T-2, HT-2 and patulin can cause chronic or acute toxicity in animals and humans, including hepatotoxicity, nephrotoxicity, carcinogenicity, neurotoxicity, immunotoxicity, teratogenicity and mutagenicity. The search for effective and scalable methods of decontaminating food systems from mycotoxins has primarily focused on non-thermal methods, with cold plasma treatment recognized as the most promising. A significant number of studies have shown that cold plasma can destroy up to 100% of mycotoxins in contaminated food systems.

Key words: mycotoxins, disinfection methods, cold plasma, detoxification mechanisms

For citation: Kalinina I.V., Potoroko I.Yu., Ruskina A.A. Mycotoxins in food systems: degradation mechanisms for effective non-thermal disinfection. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 121–129 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-121-129>

Введение/Introduction

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации на ближайшее десятилетие в совокупности больших вызовов включает потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе на фоне глобального продовольственного кризиса (Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 года № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»¹).

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, ключевой целью развития сельского хозяйства является создание высокопроизводительного сектора, базирующегося на основе современных технологий и обеспеченного научными разработками. Достижение поставленных целей требует тщательного изучения имеющегося научно-технологического задела, его применимости в реальном секторе АПК [1–4].

Среди факторов, сопутствующих снижению качества продовольственного сырья, возникновению рисков потери безопасности, можно выделить изменение климата и влияние возникающих последствий его изменения, в частности накопления вторичных высокотоксичных метаболитов токсигенных плесеней [5–8]. В этом ключе возрастает роль научного развития в области создания технологий обеззараживания продукции растениеводства за счет использования высокоэффективных методов деконтаминации и получения, таким образом, безопасных сырьевых ресурсов, пригодных для переработки в пищевых целях [9–12].

Ключевым фактором эффективного поиска воздействующих факторов для технологий обеззараживания является системный подход, включающий в себя понимание структуры и свойств отдельных механизмов, возможных механизмов их деградации, оценку степени токсичности продуктов распада, установление роли каждого из режимных составляющих этого воздействия на эффективность процессов деградации [13–16].

Цели исследования — сбор, анализ и систематизация научных данных в области основных видов загрязнителей продовольственного сырья из класса микотоксинов, их потенциальной опасности, раскрытие возможных механизмов деградации микотоксинов при воздействии нетепловых факторов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Аналитический анализ научных публикаций по теме исследования выполнен по методике К. Око-ли для статей на английском и русском языках [17].

Были использованы две реферативные базы данных — «Научная электронная библиотека eLibrary. Ru» и Sciencedirect.

Период обзора — 2020–2025 гг.

Запросы осуществляли по ключевым словам: микотоксин(ы, ов), методы обеззараживания (деградации) (от) микотоксинов, механизмы деградации (разрушения) микотоксинов.

Следует отметить, что количество научных публикаций в базе данных Sciencedirect, найденных по каждому из поисковых запросов, существенно превышает количество научных публикаций в реферативной базе eLibrary. На поисковый запрос «механизмы деградации (разрушения) микотоксинов» публикаций по типу научных статей в базе eLibrary найдено не было.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

1. Общее представление о микотоксинах и их токсичности

Данные ФАО ВОЗ показывают, что примерно 14% всех производимых продуктов питания теряются до момента их поступления конечному потребителю по причине загрязнения ксенобиотиками. Плесневая микрофлора и вырабатываемые вторичные метаболиты (микотоксины) являются причиной потери до 30% продукции растениеводства вследствие ее высокой токсичности [4, 18]. Усугубить ситуацию может наблюдаемое в последние годы изменение климата, которое создает условия для увеличения количества зерновых культур, пораженных опасными микромицетами, и, как следствие, возникновения и распространения продуцируемых микотоксинов [13, 19].

Микотоксины — термин, который используется для обозначения широкого круга вредных веществ, вырабатываемых плесневыми грибами. Это большое разнообразие естественных вторичных метаболитов, продуцируемых такими нитчатыми грибами, как *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Claviceps* [7, 20].

Микотоксины являются наиболее токсичными химическими веществами, содержащимися в продуктах питания и кормах, представляющими наибольшую угрозу для здоровья человека и животных. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) ООН, микотоксины можно обнаружить примерно в 25% мирового урожая сельскохозяйственных культур [21–23]. Эти токсины сохраняются в продуктах питания даже после термических методов обработки благодаря их химической стабильности и устойчивости к разложению.

Таким образом, микотоксины представляют собой глобальную проблему из-за их широкого распространения и выраженной токсичности.

К основным распространенным микотоксинам относятся известные формы: афлатоксины,

¹ URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280003>

дезоксиниваленол, зеараленон, охратоксин А, фумонизины, ниваленол, энниатин, Т-2, НТ-2 и патулин [4, 14, 24]. Следует отметить, что молекулярное строение и свойства этих соединений в значительной степени различны. Обобщенная характеристика наиболее распространенных видов микотоксинов представлена в таблице 1.

Помимо известных, сегодня выделяют группу новых форм микотоксинов [25] (молекулярная структура некоторых из них представлена на рис. 1).

Многочисленные исследования показали, что микотоксины могут вызывать хроническую или острую токсичность у животных и людей, включая кишечную токсичность, гепатотоксичность, нефротоксичность, эстрогенные свойства, канцерогенность, нейротоксичность, иммунотоксичность, тератогенность и мутагенность [30–32].

В этом ключе существенно возрастает актуальность поиска методов детоксикации продовольственного сырья и продуктов питания от загрязнения микотоксинами.

2. Современные подходы к детоксикации микотоксинов

Возможность эффективной детоксикации микотоксинов зараженного продовольственного сырья в процессе его переработки имеет колоссальное значение для обеспечения безопасности пищевых продуктов [21].

Среди известных на сегодняшний день методов можно выделить: группу физических методов, таких как микроволновое излучение, обработка высоким давлением и импульсным светом; группу химических методов, таких как использование окислителей, антибиотиков и органических кислот; группу биологических методов, таких как использование ферментных препаратов и растительных экстрактов [13].

Поскольку химические и биологические методы детоксикации микотоксинов в большинстве своем оказывают существенное влияние на органолептические свойства готовых продуктов и их пищевую ценность, то их использование в пищевых производствах нежелательно, а иногда просто не

Таблица 1. Характеристика наиболее распространенных микотоксинов: молекулярная структура, продуценты, токсичные свойства [26–31]
Table 1. Characteristics of the most common mycotoxins: molecular structure, producers, toxic properties [26–31]

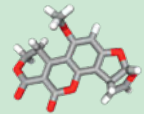
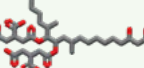
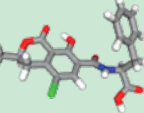
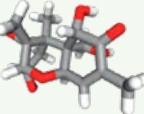
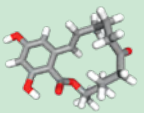
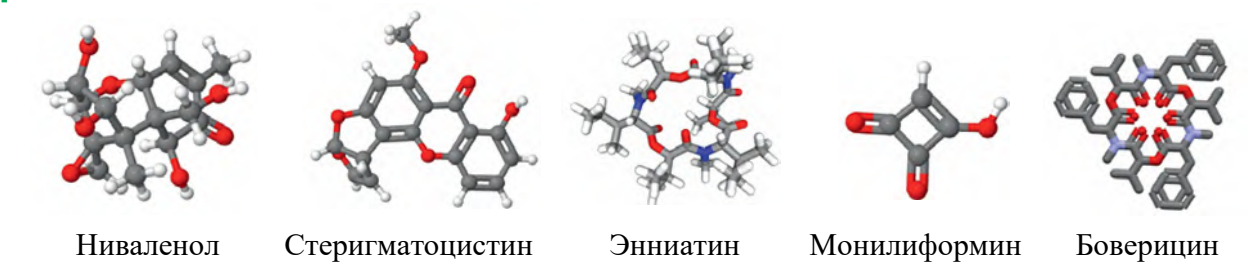
Микотоксины	Молекулярная структура	Род (виды) плесневых грибов-продуцентов	Основные контаминируемые продукты питания	Вызываемые токсические эффекты и заболевания	Источник литературы
Афлатоксин		<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i> <i>Penicillium</i>	Зерновые, корма, масличные семена и мякоть, кокос	Канцерогенность, гепатотоксичность, тератогенность, угнетение иммунной системы, изменение структуры ДНК, гепатит, кровотечения, поражения почек	Dhakal <i>et al.</i> , 2023
Фумонизин		<i>Fusarium</i> <i>Verticillium</i> <i>F. culmorum</i>	Зерновые, кукуруза	Энцефаломалация человека, отек легких, канцерогенность, нейротоксичность, поражение печени, сердечная недостаточность, рак пищевода	Khan <i>et al.</i> , 2021
Охратоксин		<i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> <i>A. ochraceus</i> <i>P. nordicum</i> <i>P. verrucosum</i>	Злаки, травы, масличные культуры, инжир, вяленая говядина, фрукты и вино	Поражение почек и печени, потеря аппетита, тошнота и рвота, угнетение иммунной системы, канцерогенные	Ding <i>et al.</i> , 2023
Дезоксиниваленол		<i>Fusarium</i> <i>Cephalosporium</i> <i>Trichoderma</i> <i>Fusarium oxysporum</i>	Зерновые, корма, силос, бобовые, фрукты и овощи	Иммунная супрессия, цитотоксичность, некроз кожи, кровоизлияния, анемия, гранулоцитопения, эпителиальные поражения полости рта, поражения ГИС, кроветворная, алиментарно-токсическая алейкия (АТА), гипотензия, коагулопатия	Gab-Allah <i>et al.</i> , 2023; Payros <i>et al.</i> , 2016
Зеараленон		<i>Fusarium</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i>	Зерновые, кукуруза, силос, тимopheвка, корма	канцерогенный, гормональный дисбаланс, эстрогенный эффект, репродуктивные проблемы, тератогенный	Ropejko K. <i>et al.</i> (2021)

Рис. 1. Химическая структура новых форм микотоксинов
Fig. 1. Chemical structure of new forms of mycotoxins



разрешено. В этих условиях физические методы детоксикации микотоксинов являются наиболее предпочтительными для пищевой отрасли.

Важной мерой по снижению загрязнения микотоксинами в пищевой промышленности остается термическая обработка [33]. С помощью тепловых технологий можно достичь более низких уровней микотоксинов, тем самым обеспечивая ее безопасность. Обратная сторона термической обработки — потеря пищевой ценности продовольственных ресурсов и существенное изменение органолептических свойств готовой продукции.

В отличие от термических методов, преимущество нетермических технологий обусловлено их способностью обеспечивать эффекты детоксикации при относительно низких температурах во время обработки, снижая значительные изменения качества пищевых продуктов, которые могут вызывать высокие температуры [23, 34].

Сводный анализ нетермических методов детоксикации представлен в таблице 2.

В последнее время из всех физических методов именно атмосферная холодная плазма привлекает всё большее внимание тем, что проявляет эффективность в отношении инактивации как плесневых грибов, продуцирующих микотоксины, препятствуя их дальнейшему биосинтезу, так и разрушая сами микотоксины, которые уже накопились [25, 29].

Нетепловые эффекты атмосферной холодной плазмы являются перспективной новой технологией для промышленного применения, но требуют дополнительного исследования в части установления механизмов разрушающего воздействия на микотоксины.

3. Холодная плазма: общая характеристика и сущность воздействия

Технологии обработки сырья ионизирующими и неионизирующими излучениями высокой эффективности применяются в пищевой промышленности в большей части для инактивации патогенных микроорганизмов [17, 21].

Плазма, которую часто определяют как четвертое состояние вещества, образуется при столкновении нейтральных атомов и ионизации, что приводит к образованию электронов, положительно заряженных ионов, свободных радикалов и нейтральных частиц [13]. Доказано, что плазма индуцируется с помощью нескольких газов — от окружающего воздуха (атмосферной плазмы), кислорода и азота до благородных газов, таких как гелий, аргон и их комбинации. Плазма может быть получена с использованием нескольких конфигураций оборудования, включая реакторы с коронным разрядом, плазменной струей, скользящим дуговым разрядом и диэлектрическим барьерным разрядом [20].

В частности, атмосферная холодная плазма — это ионизированный газ, богатый ионами, электронами, ультрафиолетовым излучением, свободными радикалами, активными формами кислорода и азота и другими химическими активными веществами, которые и формируют нетермическое обеззараживание пищевых продуктов от токсигенных плесеней и продуцируемых ими микотоксинов [38, 39].

Ключевыми наиболее привлекательными аспектами холодного плазменного воздействия являются:

- (1) применение относительно низкого напряжения,
- (2) высокоэффективное производство реакционноспособных веществ,
- (3) высокая плотность микроразрядов,
- (4) работа в окружающем воздухе без необходимости примеси благородных газов [40–42].

4. Гипотезы о механизмах дезинтегрирующего действия атмосферной холодной плазмы на микотоксины (на примере афлатоксина В1)

Первое сообщение о пригодности холодной плазмы для разрушения микотоксинов было опубликовано Park *et al.* (2007), где афлатоксин В1 и дезоксиниваленол на стеклянной подложке полностью разлагались под действием атмосферного

Таблица 2. Общая характеристика физических методов детоксикации микотоксинов [20, 35–37]

Table 2. General characteristics of physical methods of mycotoxin detoxification [20, 35–37]

Метод детоксикации	Механизмы обеззараживания	Преимущества	Недостатки	Источник литературы
Микроволновое излучение	Микроволновый нагрев разрушает структуру микотоксинов	Высокая скорость нагрева	Слабое проникновение излучения и неравномерное распределение тепла	Pankaj <i>et al.</i> , 2018
Ультразвуковое воздействие	Кавитация разрывает химические связи молекул микотоксинов	Широкий спектр применения, может использоваться в синергии с другими методами, без токсичных побочных продуктов	Невысокий уровень детоксикации	Liu <i>et al.</i> , 2019
УФ-излучение	УФ-излучение может разрушить фурановое кольцо	Широкий спектр применения, низкая стоимость, простота в эксплуатации	Низкая проникающая способность и возможная токсичность остаточных продуктов распада	Pankaj <i>et al.</i> , 2018
Импульсный свет	Токсический участок микотоксинов может быть уничтожен	Высокая эффективность, широкий диапазон применения	Способность к обеззараживанию ограничена при высоком уровне загрязнения	Pinela <i>et al.</i> , 2017
Холодная плазма	Токсический участок микотоксинов может быть уничтожен	Экологичность, эффективность, простота в эксплуатации, широкий спектр применения, низкое влияние на качество продуктов питания	Достаточно дорогостоящее оборудование, высокое энергопотребление	Xiang <i>et al.</i> , 2021

аргонового микроволнового разряда плазмы менее чем за 5 сек. [41].

Холодная плазма представляет собой ионизированный мощным электрическим полем газ (чаще всего аргон или воздух) с температурой 20–40 °С. Некоторые исследования подтверждают, что холодная плазма эффективна для разрушения микотоксинов, в частности зеараленона и дезоксиниваленола [42]. L. Ten Bosch *с соавт.* изучил действие холодной плазмы на основе воздуха при атмосферном давлении и установил, что под ее воздействием происходит деградация многих микотоксинов, в том числе зеараленона, дезоксиниваленола, фумонизина В1, Т-2 токсина [43].

Исследователям под руководством X. Wang удалось добиться полной деградации микотоксинов, продуцируемых грибами *Alternaria*, в результате обработки холодной плазмой на основе воздуха в течение 5 мин. [44].

В настоящее время в литературе представлено достаточно большое количество подтверждений эффективности холодной плазмы в отношении

деградации микотоксинов [14, 24, 42, 45–48]. Эффективность разрушения описывается в среднем диапазоном значений 65–100%.

Ключевыми факторами, определяющими конечную эффективность процесса детоксикации, являются вид плазменного воздействия, режимы обработки и структура самого микотоксина (рис. 2).

Несмотря на понимание роли отдельных факторов воздействия холодной плазмы на микотоксины, малоизученной остается область механизмов разрушающего действия холодной плазмы. В литературе представлено крайне мало исследований, раскрывающих пути деградации микотоксинов, оценку токсичности продуктов разрушения микотоксинов. Это информационное поле исследований представляет огромный интерес, поскольку установление механизмов деградации крайне необходимо для прорыва в методах обеззараживания продовольственного сырья и продуктов питания с применением холодной плазмы.

В открытой литературе представлено крайне незначительное количество исследований, описывающих механизмы дезинтегрирующего действия холодной плазмы на микотоксины, преимущественно в форме гипотез.

Так, согласно Wang *et al.* [22] и Hojnik *et al.* [49], у которых были сформированы различные предположения о пути деградации афлатоксина В1, ключевая роль в этом процессе всё же разрыву двойной связи C8 = C9 на фурановом кольце и образованию продуктов, менее токсичных, чем афлатоксин В1 (рис. 3).

Поскольку основной причиной деградации афлатоксина В1 было участие $O\cdot$, $H\cdot$ и $OH\cdot$, то основная гипотеза механизма разрушающего действия базируется на ключевой роли в этом процессе свободных радикалов, а меньшая токсичность продуктов деградации указывает на то, что за токсичность афлатоксина В1 ответственно именно фурановое кольцо.

Вместе с тем Wang *et al.* [22] предположили, что продукт распада афлатоксина В1 образуется в результате расщепления фуранового кольца, тогда как Hojnik *et al.* [49] описывают возможное выделение водорода из связи C-H в C8 = C9 с образованием нестабильного 8,9-диальдегидного как промежуточного соединения с дальнейшей перестройкой электронов и формированием двойной связи между

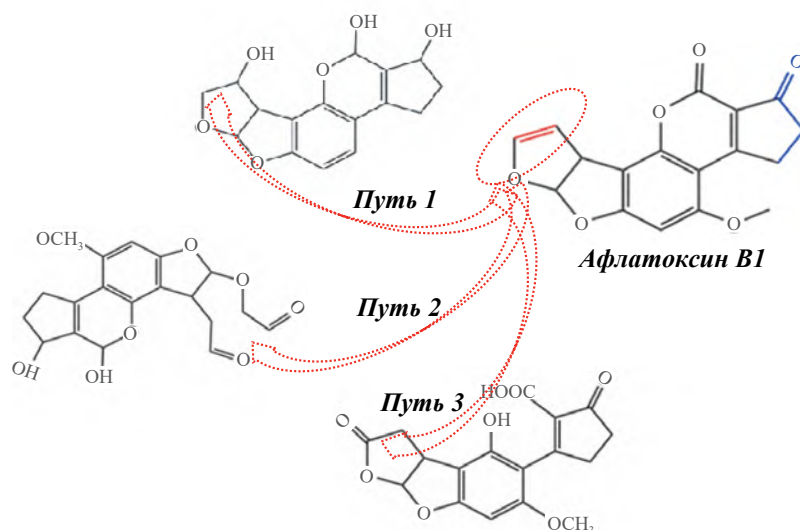
Рис. 2. Факторы, определяющие эффективность холодной плазмы для детоксикации микотоксинов в пищевых системах

Fig. 2. Factors determining the effectiveness of cold plasma for mycotoxin detoxification in food systems



Рис. 3. Некоторые из возможных путей первых этапов деградации афлатоксина В1 [14, 24]

Fig. 3. Some of the possible pathways of the first stages of aflatoxin B1 degradation [14, 24]



С6 и С10, в результате чего образуется стабильный ароматический альдегид в кислой среде. Таким образом, пути деградации могут быть неодинаковыми даже для одних и тех же продуктов деградации [14, 24].

В целом деградация микотоксинов при обеззараживании нетепловыми технологиями с применением холодной плазмы в первую очередь зависит от синергизма реакционноспособных веществ, таких как ОН, Н₂О₂, УФ и О₃. Однако для более детального понимания механизмов деградации микотоксинов под действием холодной плазмы необходимо дальнейшее проведение системных, масштабных исследований для формирования доказательной базы применимости для реального сектора АПК.

Выводы/Conclusions

Микотоксины в пищевых системах — это угроза для потенциальных потребителей, риски воздействия которых имеют эффекты проявления в длительном периоде. Установление механизмов деградации для обеспечения эффективности нетепловых воздействий обеззараживания позволит сформировать новые технологические решения, применимые в агропромышленном комплексе на разных этапах технологической цепочки в целях сохранения продовольственных ресурсов.

Возможности применения холодной плазмы для детоксикации микотоксинов в пищевых системах привлекают всё большее внимание благодаря

весомым перспективам внедрения этого метода обеззараживания в реальные технологические процессы. Несмотря на то что в предварительных исследованиях были получены впечатляющие результаты, использование холодной плазмы, как и понимание механизмов ее влияния на микотоксины, всё еще находится в зачаточном состоянии. Поэтому существует множество задач, которые требуют скорейшего решения.

Учитывая, что холодная плазма, безусловно, является новинкой в области элиминации пищевых микотоксинов, технология в промышленных условиях пока не масштабирована. Большинство опубликованных до настоящего времени исследований по деградации микотоксинов холодной плазмой были основаны на лабораторных плазменных устройствах.

В промышленной установке следует учитывать несколько ключевых факторов, определяющих эффективность разложения микотоксинов, таких как время обработки, расстояние до объекта обработки, мощность разряда, влажность газа, вид и строение пищевой матрицы, структуру самих микотоксинов.

Таким образом, задача будущих исследований — установление действительно ключевых факторов для лучшей адаптации режимов детоксикации пищевых продуктов при различных условиях. Кроме того, дополнительно требуется дальнейшее изучение механизма деградации отдельных микотоксинов при обработке холодной плазмой.

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 финансовой поддержке гранта РНФ 24-16-20028.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant 24-16-20028.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артамонов И.В. Микотоксины фитопатогенных грибов и микотоксикозы: исторический очерк (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(5): 703–719. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.703-719>
2. Вивер А. Новые микотоксины — новый вызов? *Комбикорма*. 2023; (6): 42–44. <https://www.elibrary.ru/gcjixd>
3. Ключникова Н.М., Пятунина С.К., Симонов Н.Е. Микотоксины как угроза общественной безопасности. *ОБЖ: основы безопасности жизни*. 2021; (2): 47–52. <https://www.elibrary.ru/qcbbtj>
4. Науменко Н.В., Ботвинникова В.В., Сотникова В., Грживна Л., Белоглазова Н.В. Микотоксины и безопасность продуктов питания: явные и скрытые угрозы. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2020; 8(1): 105–111. <https://www.elibrary.ru/erhaax>
5. Савиных И. Микотоксины: варианты и продуктивные методы борьбы. *Эффективное животноводство*. 2023; (1): 21–25. <https://www.elibrary.ru/onfoxi>
6. Gruber-Dorninger C., Jenkins T., Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins*. 2019; 11(7): 375. <https://doi.org/10.3390/toxins11070375>
7. Zhao L. et al. Occurrence of Aflatoxin B₁, deoxynivalenol and zearalenone in feeds in China during 2018–2020. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 74. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00603-0>

REFERENCES

1. Artamonov I.V. Mycotoxins of phytopathogenic fungi and mycotoxicosis: a historical essay (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(5): 703–719 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.703-719>
2. Viver A. New mycotoxins — a new challenge?. *Compound feeds*. 2023; (6): 42–44 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gcjixd>
3. Klyuchnikova N.M., Pyatunina S.K., Simonov N.E. Mycotoxins as a threat to human security. *FLS. Fundamentals of life safety*. 2021; (2): 47–52 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qcbbtj>
4. Naumenko N.V., Botvinnikova V.V., Šotniková V., Hřivná L., Beloglazova N.V. Mycotoxins and security of food products: obvious and hidden threats. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology*. 2020; 8(1): 105–111 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/erhaax>
5. Savinykh I. Mycotoxins: options and effective control methods. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2023; (1): 21–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/onfoxi>
6. Gruber-Dorninger C., Jenkins T., Schatzmayr G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. *Toxins*. 2019; 11(7): 375. <https://doi.org/10.3390/toxins11070375>
7. Zhao L. et al. Occurrence of Aflatoxin B₁, deoxynivalenol and zearalenone in feeds in China during 2018–2020. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021; 12: 74. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00603-0>

8. Sankaranarayanan A., Amaresan N., Sharma A., Khalifa A.Y.Z. Mycotoxins associated food safety concerns of agricultural crops, prevention and control. Sharma V.K., Shah M.P., Parmar S., Kumar A. (eds.). *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology. Academic Press.* 2021; 1: 357–374.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821394-0.00014-7>
9. Panasenko S. *et al.* Study on herbicide residues in soybean processing based on UPLC-MS/MS detection. *Food Science and Technology.* 2022; 42: e111521.
<https://doi.org/10.1590/fst.111521>
10. Hameed A. *et al.* Microwave-Vacuum Extraction Technique as a Green and Clean Label Technology: Kinetics, Efficiency Analysis, and Effect on Bioactive Compounds. *Food Analytical Methods.* 2023; 16(3): 525–540.
<https://doi.org/10.1007/s12161-022-02437-6>
11. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 2023; 17: 324–342.
<https://doi.org/10.5219/1854>
12. Mishra M. *et al.* Allergen30: Detecting Food Items with Possible Allergens Using Deep Learning-Based Computer Vision. *Food Analytical Methods.* 2022; 15(11): 3045–3078.
<https://doi.org/10.1007/s12161-022-02353-9>
13. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. Advances in Occurrence, Importance, and Mycotoxin Control Strategies: Prevention and Detoxification in Foods. *Foods.* 2020; 9(2): 137.
<https://doi.org/10.3390/foods9020137>
14. Shephard G.S. Impact of mycotoxins on human health in developing countries. *Food Additives & Contaminants: Part A.* 2008; 25(2): 146–151.
<https://doi.org/10.1080/02652030701567442>
15. Zykova I. *et al.* Photochemical oxidation of γ -exachlorocyclohexane and 4,4'-dichlorodiphenyldichloroethylene. *Annual Research & Review in Biology.* 2017; 13(4): 1–10.
<https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33754>
16. Dwi Anggono A. *et al.* Fruit preservation packaging technology based on air adjustment packaging method. *Food Science and Technology.* 2022; 42: e29221.
<https://doi.org/10.1590/fst.29221>
17. Okoli C. A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems.* 2015; 37: 879–910.
<https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>
18. Adebo O.A. *et al.* A review on novel non-thermal food processing techniques for mycotoxin reduction. *International Journal of Food Science and Technology.* 2021; 56(1): 13–27.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14734>
19. Cai J. *et al.* Antifungal and mycotoxin detoxification ability of essential oils: A review. *Phytotherapy Research.* 2022; 36(1): 62–72.
<https://doi.org/10.1002/ptr.7281>
20. Pankaj S.K., Shi H., Keener K.M. A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology.* 2018; 71: 73–83.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.007>
21. Peng W.-X., Marchal J.L.M., van der Poel A.F.B. Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology.* 2018; 237: 129–153.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.017>
22. Wang S.-Q., Huang G.-Q., Li Y.-P., Xiao J.-X., Zhang Y., Jiang W.-L. Degradation of aflatoxin B₁ by low-temperature radio frequency plasma and degradation product elucidation. *European Food Research and Technology.* 2015; 241(1): 103–113.
<https://doi.org/10.1007/s00217-015-2439-5>
23. Puligundla P., Mok C. Microwave- and radio-frequency-powered cold plasma applications for food safety and preservation. Bermudez-Aguirre D. (ed.). *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation. Academic Press.* 2020; 309–329.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814921-8.00011-6>
24. Afsah-Hejri L., Jinap S., Hajeb P., Radu S., Shakibazadeh S. A Review on Mycotoxins in Food and Feed: Malaysia Case Study. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2013; 12(6): 629–651.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12029>
25. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews.* 2003; 16(3): 497–516.
<https://doi.org/10.1128/cmr.16.3.497-516.2003>
26. Dhakal A., Hashmi M.F., Sbar E. Aflatoxin Toxicity. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing. 2024.
27. Khan R., Ghazali F.M., Mahyudin N.A., Samsudin N.I.P. Aflatoxin Biosynthesis, Genetic Regulation, Toxicity, and Control Strategies: A Review. *Journal of Fungi.* 2021; 7(8): 606.
<https://doi.org/10.3390/jof7080606>
8. Sankaranarayanan A., Amaresan N., Sharma A., Khalifa A.Y.Z. Mycotoxins associated food safety concerns of agricultural crops, prevention and control. Sharma V.K., Shah M.P., Parmar S., Kumar A. (eds.). *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology. Academic Press.* 2021; 1: 357–374.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821394-0.00014-7>
9. Panasenko S. *et al.* Study on herbicide residues in soybean processing based on UPLC-MS/MS detection. *Food Science and Technology.* 2022; 42: e111521.
<https://doi.org/10.1590/fst.111521>
10. Hameed A. *et al.* Microwave-Vacuum Extraction Technique as a Green and Clean Label Technology: Kinetics, Efficiency Analysis, and Effect on Bioactive Compounds. *Food Analytical Methods.* 2023; 16(3): 525–540.
<https://doi.org/10.1007/s12161-022-02437-6>
11. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 2023; 17: 324–342.
<https://doi.org/10.5219/1854>
12. Mishra M. *et al.* Allergen30: Detecting Food Items with Possible Allergens Using Deep Learning-Based Computer Vision. *Food Analytical Methods.* 2022; 15(11): 3045–3078.
<https://doi.org/10.1007/s12161-022-02353-9>
13. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. Advances in Occurrence, Importance, and Mycotoxin Control Strategies: Prevention and Detoxification in Foods. *Foods.* 2020; 9(2): 137.
<https://doi.org/10.3390/foods9020137>
14. Shephard G.S. Impact of mycotoxins on human health in developing countries. *Food Additives & Contaminants: Part A.* 2008; 25(2): 146–151.
<https://doi.org/10.1080/02652030701567442>
15. Zykova I. *et al.* Photochemical oxidation of γ -exachlorocyclohexane and 4,4'-dichlorodiphenyldichloroethylene. *Annual Research & Review in Biology.* 2017; 13(4): 1–10.
<https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33754>
16. Dwi Anggono A. *et al.* Fruit preservation packaging technology based on air adjustment packaging method. *Food Science and Technology.* 2022; 42: e29221.
<https://doi.org/10.1590/fst.29221>
17. Okoli C. A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems.* 2015; 37: 879–910.
<https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>
18. Adebo O.A. *et al.* A review on novel non-thermal food processing techniques for mycotoxin reduction. *International Journal of Food Science and Technology.* 2021; 56(1): 13–27.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14734>
19. Cai J. *et al.* Antifungal and mycotoxin detoxification ability of essential oils: A review. *Phytotherapy Research.* 2022; 36(1): 62–72.
<https://doi.org/10.1002/ptr.7281>
20. Pankaj S.K., Shi H., Keener K.M. A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology.* 2018; 71: 73–83.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.007>
21. Peng W.-X., Marchal J.L.M., van der Poel A.F.B. Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology.* 2018; 237: 129–153.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.017>
22. Wang S.-Q., Huang G.-Q., Li Y.-P., Xiao J.-X., Zhang Y., Jiang W.-L. Degradation of aflatoxin B₁ by low-temperature radio frequency plasma and degradation product elucidation. *European Food Research and Technology.* 2015; 241(1): 103–113.
<https://doi.org/10.1007/s00217-015-2439-5>
23. Puligundla P., Mok C. Microwave- and radio-frequency-powered cold plasma applications for food safety and preservation. Bermudez-Aguirre D. (ed.). *Advances in Cold Plasma Applications for Food Safety and Preservation. Academic Press.* 2020; 309–329.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814921-8.00011-6>
24. Afsah-Hejri L., Jinap S., Hajeb P., Radu S., Shakibazadeh S. A Review on Mycotoxins in Food and Feed: Malaysia Case Study. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2013; 12(6): 629–651.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12029>
25. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews.* 2003; 16(3): 497–516.
<https://doi.org/10.1128/cmr.16.3.497-516.2003>
26. Dhakal A., Hashmi M.F., Sbar E. Aflatoxin Toxicity. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing. 2024.
27. Khan R., Ghazali F.M., Mahyudin N.A., Samsudin N.I.P. Aflatoxin Biosynthesis, Genetic Regulation, Toxicity, and Control Strategies: A Review. *Journal of Fungi.* 2021; 7(8): 606.
<https://doi.org/10.3390/jof7080606>

28. Ding L., Han M., Wang X., Guo Y. Ochratoxin A: Overview of Prevention, Removal, and Detoxification Methods. *Toxins*. 2023; 15(9): 565. <https://doi.org/10.3390/toxins15090565>
29. Gab-Allah M.A., Choi K., Kim B. Type B Trichothecenes in Cereal Grains and Their Products: Recent Advances on Occurrence, Toxicology, Analysis and Post-Harvest Decontamination Strategies. *Toxins*. 2023; 15(2): 85. <https://doi.org/10.3390/toxins15020085>
30. Payros D., Alassane-Kpembi I., Pierron A., Loiseau N., Pinton P., Oswald I.P. Toxicology of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms. *Archives of Toxicology*. 2016; 90(12): 2931–2957. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1826-4>
31. Ropejko K., Twarużek M. Zearalenone and Its Metabolites: General Overview, Occurrence, and Toxicity. *Toxins*. 2021; 13(1): 35. <https://doi.org/10.3390/toxins13010035>
32. Liu L., Xie M., Wei D. Biological Detoxification of Mycotoxins: Current Status and Future Advances. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(3): 1064. <https://doi.org/10.3390/ijms23031064>
33. Karlovsky P. *et al.* Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination. *Mycotoxin Research*. 2016; 32(4): 179–205. <https://doi.org/10.1007/s12550-016-0257-7>
34. Sharma S., Singh R.K. Cold plasma treatment of dairy proteins in relation to functionality enhancement. *Trends in Food Science and Technology*. 2020; 102: 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.013>
35. Liu Y., Li M., Liu Y., Bian K. Structures of Reaction Products and Degradation Pathways of Aflatoxin B₁ by Ultrasound Treatment. *Toxins*. 2019; 11(9): 526. <https://doi.org/10.3390/toxins11090526>
36. Pinela J., Ferreira I.C.F.R. Nonthermal physical technologies to decontaminate and extend the shelf-life of fruits and vegetables: Trends aiming at quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017; 57(10): 2095–2111. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1046547>
37. Xiang Q. *et al.* Feasibility of atmospheric cold plasma for the elimination of food hazards: Recent advances and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(20): 4431–4449. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2002257>
38. Berkova M.D. *et al.* Plasma technologies in ecological problems. *Proceedings of the 13th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, ICCF 2007*. 2008; 409–419. <https://elibrary.ru/rhpalt>
39. Anakhov S.V., Matushkin A.V., Pyckin Y.A. Effectiveness of the Plasma Neutralization Technology for Supertoxicants. Radionov A.A., Gasiyarov V.R. (eds.). *Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020)*. Cham: Springer. 2021; 2: 1323–1330. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9_154
40. Al-Saleem M.S.M. *et al.* Metabolic Profiling and In Vitro Assessment of the Biological Activities of the Ethyl Acetate Extract of *Penicillium chrysogenum* “Endozoic of Cliona sp. Marine Sponge” from the Red Sea (Egypt). *Marine Drugs*. 2022; 20(5): 326. <https://doi.org/10.3390/md20050326>
41. Park B.J. *et al.* Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*. 2007; 201(9–11): 5733–5737. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.07.092>
42. Shanakhhat H., Sorrentino A., Raiola A., Romano A., Masi P., Cavella S. Current methods for mycotoxins analysis and innovative strategies for their reduction in cereals: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(11): 4003–4013. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8933>
43. Ten Bosch L., Pfohl K., Avramidis G., Wieneke S., Viöl W., Karlovsky P. Plasma-Based Degradation of Mycotoxins Produced by *Fusarium*, *Aspergillus* and *Alternaria* Species. *Toxins*. 2017; 9(3): 97. <https://doi.org/10.3390/toxins9030097>
44. Wang X., Wang S., Yan Y., Wang W., Zhang L., Zong W. The degradation of *Alternaria* mycotoxins by dielectric barrier discharge cold plasma. *Food Control*. 2020; 117: 107333. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107333>
45. Delgado-Ospina J., Molina-Hernández J.B., Chaves-López C., Romanazzi G., Paparella A. The Role of Fungi in the Cocoa Production Chain and the Challenge of Climate Change. *Journal of Fungi*. 2021; 7(3): 202. <https://doi.org/10.3390/jof7030202>
46. Wu Y., Cheng J.-H., Sun D.-W. Blocking and degradation of aflatoxins by cold plasma treatments: Applications and mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 109: 674–661. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.053>
28. Ding L., Han M., Wang X., Guo Y. Ochratoxin A: Overview of Prevention, Removal, and Detoxification Methods. *Toxins*. 2023; 15(9): 565. <https://doi.org/10.3390/toxins15090565>
29. Gab-Allah M.A., Choi K., Kim B. Type B Trichothecenes in Cereal Grains and Their Products: Recent Advances on Occurrence, Toxicology, Analysis and Post-Harvest Decontamination Strategies. *Toxins*. 2023; 15(2): 85. <https://doi.org/10.3390/toxins15020085>
30. Payros D., Alassane-Kpembi I., Pierron A., Loiseau N., Pinton P., Oswald I.P. Toxicology of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms. *Archives of Toxicology*. 2016; 90(12): 2931–2957. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1826-4>
31. Ropejko K., Twarużek M. Zearalenone and Its Metabolites: General Overview, Occurrence, and Toxicity. *Toxins*. 2021; 13(1): 35. <https://doi.org/10.3390/toxins13010035>
32. Liu L., Xie M., Wei D. Biological Detoxification of Mycotoxins: Current Status and Future Advances. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(3): 1064. <https://doi.org/10.3390/ijms23031064>
33. Karlovsky P. *et al.* Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination. *Mycotoxin Research*. 2016; 32(4): 179–205. <https://doi.org/10.1007/s12550-016-0257-7>
34. Sharma S., Singh R.K. Cold plasma treatment of dairy proteins in relation to functionality enhancement. *Trends in Food Science and Technology*. 2020; 102: 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.013>
35. Liu Y., Li M., Liu Y., Bian K. Structures of Reaction Products and Degradation Pathways of Aflatoxin B₁ by Ultrasound Treatment. *Toxins*. 2019; 11(9): 526. <https://doi.org/10.3390/toxins11090526>
36. Pinela J., Ferreira I.C.F.R. Nonthermal physical technologies to decontaminate and extend the shelf-life of fruits and vegetables: Trends aiming at quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017; 57(10): 2095–2111. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1046547>
37. Xiang Q. *et al.* Feasibility of atmospheric cold plasma for the elimination of food hazards: Recent advances and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(20): 4431–4449. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2002257>
38. Berkova M.D. *et al.* Plasma technologies in ecological problems. *Proceedings of the 13th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science, ICCF 2007*. 2008; 409–419. <https://elibrary.ru/rhpalt>
39. Anakhov S.V., Matushkin A.V., Pyckin Y.A. Effectiveness of the Plasma Neutralization Technology for Supertoxicants. Radionov A.A., Gasiyarov V.R. (eds.). *Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020)*. Cham: Springer. 2021; 2: 1323–1330. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9_154
40. Al-Saleem M.S.M. *et al.* Metabolic Profiling and In Vitro Assessment of the Biological Activities of the Ethyl Acetate Extract of *Penicillium chrysogenum* “Endozoic of Cliona sp. Marine Sponge” from the Red Sea (Egypt). *Marine Drugs*. 2022; 20(5): 326. <https://doi.org/10.3390/md20050326>
41. Park B.J. *et al.* Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*. 2007; 201(9–11): 5733–5737. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.07.092>
42. Shanakhhat H., Sorrentino A., Raiola A., Romano A., Masi P., Cavella S. Current methods for mycotoxins analysis and innovative strategies for their reduction in cereals: an overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(11): 4003–4013. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8933>
43. Ten Bosch L., Pfohl K., Avramidis G., Wieneke S., Viöl W., Karlovsky P. Plasma-Based Degradation of Mycotoxins Produced by *Fusarium*, *Aspergillus* and *Alternaria* Species. *Toxins*. 2017; 9(3): 97. <https://doi.org/10.3390/toxins9030097>
44. Wang X., Wang S., Yan Y., Wang W., Zhang L., Zong W. The degradation of *Alternaria* mycotoxins by dielectric barrier discharge cold plasma. *Food Control*. 2020; 117: 107333. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107333>
45. Delgado-Ospina J., Molina-Hernández J.B., Chaves-López C., Romanazzi G., Paparella A. The Role of Fungi in the Cocoa Production Chain and the Challenge of Climate Change. *Journal of Fungi*. 2021; 7(3): 202. <https://doi.org/10.3390/jof7030202>
46. Wu Y., Cheng J.-H., Sun D.-W. Blocking and degradation of aflatoxins by cold plasma treatments: Applications and mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 109: 674–661. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.053>

47. Dai H. *et al.* Efficient and simple simultaneous adsorption removal of multiple aflatoxins from various liquid foods. *Food Chemistry*. 2022; 380: 132176.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132176>
48. Mir S.A. *et al.* Application of new technologies in decontamination of mycotoxins in cereal grains: Challenges, and perspectives. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 148: 111976.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.111976>
49. Hojnik N. *et al.* Unravelling the pathways of air plasma induced aflatoxin B₁ degradation and detoxification. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 403: 123593.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123593>

ОБ АВТОРАХ**Ирина Валерьевна Калинина**

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пищевых и биотехнологий
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>
kalininaiv@susu.ru

Ирина Юрьевна Потороко

доктор технических наук, профессор, директор Высшей медико-биологической школы
<https://orcid.org/0000-0002-3059-8061>
potorokoi@susu.ru

Алёна Александровна Рускина

старший преподаватель кафедры пищевых и биотехнологий
<https://orcid.org/0000-0002-2451-9339>
ruskinaaa@susu.ru

Южно-Уральский государственный университет,
 пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

47. Dai H. *et al.* Efficient and simple simultaneous adsorption removal of multiple aflatoxins from various liquid foods. *Food Chemistry*. 2022; 380: 132176.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132176>

48. Mir S.A. *et al.* Application of new technologies in decontamination of mycotoxins in cereal grains: Challenges, and perspectives. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 148: 111976.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.111976>

49. Hojnik N. *et al.* Unravelling the pathways of air plasma induced aflatoxin B₁ degradation and detoxification. *Journal of Hazardous Materials*. 2021; 403: 123593.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123593>

ABOUT THE AUTHORS**Irina Valerievna Kalinina**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
 Professor of the Department of Food and Biotechnology
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>
kalininaiv@susu.ru

Irina Yuryevna Potoroko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Director
 of the Higher Medical and Biological School
<https://orcid.org/0000-0002-3059-8061>
potorokoi@susu.ru

Alena Aleksandrovna Ruskina

Senior Lecturer at the Department of Food
 and Biotechnology
<https://orcid.org/0000-0002-2451-9339>
ruskinaaa@susu.ru

South Ural State University,
 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia



МАК 2025

Межрегиональная Агропромышленная Конференция



12+

РЕКЛАМА

5-6 ФЕВРАЛЯ 2025 | СТАТЬ ПАРТНЁРОМ

РАЗДЕЛЫ МАК: ЗОНА ПАРТНЕРОВ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- ◆ Селекция и семеноводство
- ◆ Удобрения
- ◆ Гербициды
- ◆ Средства защиты растений

ЖИВОТНОВОДСТВО

- ◆ Корма и кормовые добавки
- ◆ Селекция, генетика, репродукция
- ◆ Оборудование для содержания и ухода

УСЛУГИ ДЛЯ АПК

- ◆ Технологии
- ◆ Финансирование и страхование бизнеса
- ◆ Цифровизация и оптимизация процессов
- ◆ Логистика

Официальная поддержка:



Министерство
сельского хозяйства
Челябинской области

Организатор:



ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

www.makural.ru

г. Челябинск, Гранд Отель Видгоф
 +7 (351) 755-55-10

Д.А. Тлевлессова^{1,4}А.Б. Абуова¹ ✉Р.К. Макеева^{3,4}Ж.К. Кожаканова³А.Т. Ибраихан¹Р. Бакытжанулы²

¹Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан

²Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

³ИП Gala Food, с. Жандосово, Алматинская обл., Казахстан

⁴Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, Алматы, Казахстан

✉ a_burkhatovna@mail.ru

Поступила в редакцию: 14.08.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Тлевлессова Д.А., Абуова А.Б., Макеева Р.К., Кожаканова Ж.К., Ибраихан А.Т., Бакытжанулы Р.

Dinara A. Tlevlessova^{1,4}Altynay B. Abuova¹ ✉Raushan K. Makeeva^{3,4}Zhuldyz K. Kozhakanova³Akniet T. Ibraikhan¹Rustem Bakytzhanuly²

¹International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan

²Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

³Gala Food (individual enterprise), Zhandosovo, Almaty region, Kazakhstan

⁴Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

✉ a_burkhatovna@mail.ru

Received by the editorial office: 14.08.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Tlevlessova A.D., Abuova A.B., Makeeva R.K., Kozhakanova Zh.K., Ibraikhan A.T., Bakytzhanuly R.

Повышение пищевой ценности и функциональных свойств, оптимизация рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Статья посвящена исследованию и оптимизации рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана. Талкан (молотая крупа) добавляется (10–20%) для увеличения содержания клетчатки и микроэлементов и улучшения вкусовых качеств и текстуры. На основе сбалансированной аминокислотным составом творожной пасты с добавлением талкана создан функциональный продукт (десерт) с повышенной питательной ценностью и уникальными вкусовыми качествами.

Современные методы переработки позволяют сохранять полезные свойства козьего молока и создавать продукты с высокой питательной ценностью. Пребиотики, пробиотики и другие функциональные ингредиенты способствуют здоровью кишечника и общему улучшению здоровья.

Исследование включает повышение пищевой ценности творожной пасты с добавлением сывороточного белка (5–10%) и инулина (1–5%) для улучшения ее аминокислотного профиля и получение десерта с добавлением талкана (прослойками).

Методы. Для оптимизации рецептуры использованы методы улучшения состава, оптимизация качества, технологии и безопасности. Проведен анализ пищевой ценности, аминокислотного состава и органолептических свойств десерта на основе стандартных методов анализа молока и молочных продуктов.

Результаты. Оптимизированы параметры пастеризации и сквашивания, добавлены сывороточный белок и инулин. Регрессионный анализ позволил прогнозировать уровень качества продукта. Добавление 5% сывороточного белка и 3% инулина при пастеризации при 85 °C в течение 5 мин. и сквашивании при 42 °C в течение 6 ч. обеспечивает оптимальный баланс между белком, аминокислотным составом и пребиотической активностью.

Ключевые слова: козье молоко, творожная паста, талкан, инулин, аминокислотный состав, функциональные продукты, десерт

Для цитирования: Тлевлессова Д.А., Абуова А.Б., Макеева Р.К., Кожаканова Ж.К., Ибраихан А.Т., Бакытжанулы Р. Повышение пищевой ценности и функциональных свойств, оптимизация рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 130–139.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-130-139>

Increasing the nutritional value and functional properties, optimizing the recipe of a dessert based on goat's milk curd paste with the addition of talkan and inulin

ABSTRACT

Relevance. The article is devoted to the study and optimization of the dessert recipe based on goat's milk curd paste with the addition of talkan. Talkan (ground grits) is added (10–20%) to increase the content of fiber and trace elements and improve taste and texture. Based on a balanced amino acid composition of cottage cheese paste with the addition of talkan, a functional product (dessert) with increased nutritional value and unique taste qualities has been created. Modern processing methods make it possible to preserve the beneficial properties of goat's milk and create products with high nutritional value. Prebiotics, probiotics and other functional ingredients contribute to gut health and overall health improvement. The study includes increasing the nutritional value of cottage cheese paste with the addition of whey protein (5–10%) and inulin (1–5%) to improve its amino acid profile and obtaining a dessert with the addition of talkan (layers).

Methods. To optimize the formulation, methods of improving the composition, optimizing quality, technology and safety were used. The analysis of the nutritional value, amino acid composition and organoleptic properties of the dessert was carried out on the basis of standard methods of analysis of milk and dairy products.

Results. Pasteurization and fermentation parameters have been optimized, whey protein and inulin have been added. Regression analysis made it possible to predict the level of product quality. The addition of 5% whey protein and 3% inulin during pasteurization at 85 °C for 5 minutes and fermentation at 42 °C for 6 hours provides an optimal balance between protein, amino acid composition and prebiotic activity.

Key words: goat milk, curd paste, talkan, inulin, amino acid composition, functional products, dessert

For citation: Tlevlessova A.D., Abuova A.B., Makeeva R.K., Kozhakanova Zh.K., Ibraikhan A.T., Bakytzhanuly R. Increasing the nutritional value and functional properties, optimizing the recipe of a dessert based on goat's milk curd paste with the addition of talkan and inulin. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 130–139 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-130-139>

Введение/Introduction

Козье молоко богато легкоусвояемыми белками, жирами, витаминами и микроэлементами. Его популярность особенно велика в регионах с суровыми климатическими условиями, где разведение коров может быть затруднено. В таких регионах козы — стабильный источник молока и других продуктов. Ранее в Средиземноморском регионе и на Ближнем Востоке козье молоко традиционно было важной частью рациона, считалось целебным и использовалось в медицинских целях. [1, 2].

Современные исследования подтверждают высокую пищевую ценность козьего молока. Оно содержит белки, жиры, витамины и микроэлементы, которые достаточно легко усваиваются организмом. Козье молоко отличается высоким содержанием среднецепочечных триглицеридов (СЦТ), которые быстро перевариваются и обеспечивают быстрый источник энергии.

Козье молоко может быть полезным для людей с аллергией на коровье, так как оно содержит меньше альфа-s1-казеина, который является основным аллергеном в коровьем молоке [3]. Кроме того, козье молоко богато олигосахаридами, которые действуют как пребиотики, поддерживая здоровье кишечника, отмечены более высокие уровни некоторых витаминов и минералов, таких как витамин A, B₃ (ниацин), B₆ и калий, по сравнению с коровьим молоком [4].

Имеются научные труды, в которых рассматривается влияние обработки молока на его качество и нутриентный состав, в частности влияние заморозки на физико-химическую стабильность и усвояемость козьего молока *in vitro* [5, 6], влияние распылительной сушки на состав козьего молока [7]. Это свидетельствует о том, что козье молоко имеет больший потенциал в качестве источника функциональных олигосахаридов и делает его наиболее подходящим для вскармливания младенцев.

В исследованиях [8] рассматриваются антиоксидантные свойства козьего молока и его потенциал в снижении риска хронических заболеваний. Подчеркивается, что козье молоко может быть важным компонентом здорового питания благодаря своим многочисленным полезным свойствам.

В работе [9] описана разработка функционального напитка на основе ферментированной сыворотки из козьего молока с использованием молочнокислых бактерий.

Исследование показало, что такой напиток обладает высокими пробиотическими свойствами, которые могут улучшать здоровье кишечника. Авторы отмечают, что использование козьего молока для производства ферментированных продуктов может расширить ассортимент функциональных пищевых продуктов и повысить их питательную ценность, рассматриваются терапевтические и гипоаллергенные свойства козьего молока, его потенциал для снижения пищевых

аллергий [10–12]. Изучалось влияние различных систем кормления на состав молока, особенно на профиль жирных кислот [13].

Козье молоко представляет собой ценный пищевой ресурс с высоким потенциалом для производства функциональных пищевых продуктов. Оно не только обладает важными питательными и функциональными свойствами, но и предоставляет здоровую альтернативу для людей с непереносимостью коровьего молока и аллергиями.

Современные технологии переработки включают ультра- и микрофльтрацию, которые позволяют удалять нежелательные компоненты и концентрировать полезные вещества. Эти методы особенно эффективны для производства высококачественных сыров и молочных напитков [14].

Обсуждение влияния на качество козьего молока при обработке высоким давлением рассмотрено в статьях [13, 15]. В исследовании было установлено, что обработка молока высоким гидростатическим давлением (НПД) и пастеризация различно влияют на pH козьего и коровьего молока. Пастеризация снижает pH в коровьем молоке, в то время как в козьем молоке этот показатель повышается.

Авторами выявлено, что обработка высоким давлением может существенно влиять на структуру белков и ферментативную активность, что открывает новые возможности для улучшения качества и безопасности молочных продуктов [16, 17]. Инновационные и экологичные технологии, такие как ультразвук (US) и высокое гидростатическое давление (НПД), используются в пищевой промышленности для сохранения таких свойств продуктов, как текстура и микробиологическое качество. Эти методы позволяют контролировать температуру и продолжительность обработки, обычно не превышающую 30 минут. На примере козьего молока US обеспечивает лучшую гомогенизацию жировых шариков, в то время как НПД значительно влияет на распределение размеров этих частиц, улучшая стабильность и качество молочных эмульсий [18].

В последние годы активно исследуются методы добавления функциональных ингредиентов в продукты из козьего молока, такие как пребиотики, пробиотики, растительные и животные наполнители. Эти добавки позволяют создавать продукты с улучшенными питательными и органолептическими свойствами [19, 20]. Исследование показало, что применение *Lactobacillus acidophilus* La-5 и фруктоолигосахаридов (ФОС) в производстве кефира из коровьего и козьего молока способствует лучшей жизнеспособности пробиотиков и качеству продукта. Кефир из смеси коровьего и козьего молока с *Lb. acidophilus* и ФОС оказался предпочтительнее за счет лучших органолептических свойств и более высокого содержания ацетальдегида. Козье молоко обеспечивало хорошую выживаемость пробиотиков, в то время как коровье молоко улучшало реологические характеристики продукта [21–23].

В ряде работ описывается использование стандартных культур молочнокислых бактерий, таких как *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, а также инновационные практики с различными источниками молока, дополнительными пробиотиками и добавками для улучшения вкуса и привлекательности для потребителя [24–26].

Таким образом, козье молоко имеет значительный потенциал для использования в пищевой промышленности благодаря своим уникальным свойствам. Разработка новых технологий и рецептур продуктов на основе козьего молока может способствовать улучшению качества питания и здоровья населения республики [27–29].

Комплексная переработка сельскохозяйственного сырья [30–33] и разработка новых рецептур функциональных продуктов — задачи пищевой промышленности [34–37]. В Казахстане имеется большой потенциал для развития пищевой промышленности [38–41], что может положительно сказаться на экономике страны и качестве жизни населения.

Цель работы — оптимизировать рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с включением в состав сывороточного белка и инулина с добавлением талкана для повышения пищевой ценности и функциональных свойств.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для проведения анализа международных источников научной информации и заполнения таблицы матрицы эксперимента результатами включали следующие этапы (рис. 1).

Для заполнения матрицы планирования эксперимента с анализом и обработкой данных выбрали следующую структуру, которая включает факторы, уровни и ожидаемые результаты. Результаты дисперсионного и регрессионного анализа на основе данных представлены в таблице 1.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента
Table 1. Experiment planning matrix

Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Время пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Качество (1–10)	Содержание белка, %	Пробиотическая активность	Затраты, тенге
0	1	85	5	38	4	5	3,0	2	1500
5	3	90	10	42	6	8	4,5	4	1750
10	5	85	5	42	6	9	5,5	5	2000
0	5	90	10	38	4	6	3,2	3	2100

В ходе исследования для анализа химического состава, показателей качества и физико-химических характеристик использовались ГОСТ 23327¹ ГОСТ 33924², ГОСТ Р 55577³, ГОСТ 34617⁴, МР 2.3.1.1915⁵, Р 4.1.1672⁶, МВИ.МН 1363⁷.

Сенсорную оценку продукции проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22935-2⁸. Количество привлекаемых экспертов — 10. Исследования проводили на базе ИП Gala Food.

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы, статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США).

Рис. 1. Этапы исследования
Fig. 1. Research stages



¹ ГОСТ 23327-98 Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кельдалю и определение массовой доли белка.

² ГОСТ 33924-2016 Молоко и молочная продукция. Методы определения бифидобактерий.

³ ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.

⁴ ГОСТ 34617-2019 Продукция пищевая специализированная. Творог с компонентами для питания детей раннего возраста. Технические условия.

⁵ МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рациональное питание Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.

⁶ Р 4.1.1672-03 4.1 Методы контроля. Химические факторы. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище.

⁷ МВИ.МН 1363-2000 Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Минздрав Беларуси.

⁸ ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Ч. 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки.

Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ и $p \leq 0,001$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты исследования аминокислотного состава десерта на основе творожной пасты из козьего молока представлены в таблице 2.

Аминокислотный анализ выявил высокое содержание таких аминокислот, как аспарагиновая кислота (905,97 мг / 100 г) и серина (275,25 мг / 100 г), что свидетельствует о высокой пищевой ценности продукта.

На основе предоставленных данных о содержании аминокислотного состава в продукте и с учетом стандартов ФАО/ВОЗ (FAO/WHO)⁹ для взрослых был проведен расчет аминокислотного сгора.

Предполагается, что содержание белка в 100 г продукта составляет приблизительно 840,33 мг, что было оценено исходя из содержания лизина.

Результаты аминокислотного сгора для каждой из существенных аминокислот (значение указывает на отношение содержания аминокислоты в продукте к требуемому количеству на 1 г белка):

- триптофан — 0,011 (1,1% от рекомендованного),
- лизин — 0,010 (1,0% от рекомендованного),
- метионин — 0,0057 (0,57% от рекомендованного),
- треонин — 0,0094 (0,94% от рекомендованного),
- валин — 0,0114 (1,14% от рекомендованного),
- фенилаланин + тирозин (не рассчитано, так как требуется значение фенилаланина).

Аминокислотный скор для всех аминокислот оказался ниже нормы, что указывает на недостаточное содержание этих аминокислот в продукте по отношению к рекомендованному уровню потребления. Это может свидетельствовать о необходимости увеличения содержания этих аминокислот для улучшения питательной ценности для разрабатываемого продукта.

Основываясь на этих данных, можно предположить о достаточно низкой усвояемости белка из-за несбалансированного содержания некоторых существенных аминокислот, что подчеркивает необходимость дальнейшей оптимизации рецептуры для улучшения качества продукта.

Причины, по которым аминокислотный скор может быть ниже ожидаемого уровня, несмотря на достаточные «абсолютные» цифры аминокислот в продукте, могут включать следующие факторы:

1. Недостаточное общее содержание белка. Как видно из расчетов, если общее содержание белка в продукте низкое, это снижает аминокислотный скор даже при адекватном содержании отдельных аминокислот. В данном случае общее содержание белка в продукте было оценено исходя

Таблица 2. Аминокислотный состав десерта на основе творожной пасты из козьего молока

Table 2. Amino acid composition of a dessert based on goat milk curd paste

Показатель	Значение, мг / 100 г
Аспарагиновая кислота	905,97 ± 90,59
Серин	275,25 ± 27,53
Глицин	93,93 ± 9,39
Треонин	213,86 ± 21,39
Аланин	158,42 ± 15,84
Тирозин	230,47 ± 23,05
Лизин	428,57 ± 42,86
Валин	307,61 ± 30,76
Метионин	120,75 ± 12,08
Триптофан	64,86 ± 6,49

из содержания одной аминокислоты (лизина), что может неточно отражать реальное содержание белка.

2. Пропорциональное распределение аминокислот. Скор зависит от того, как аминокислоты распределены относительно друг друга. Если в продукте преобладают аминокислоты, которые не являются лимитирующими, это может не улучшить его общую питательную ценность в отношении необходимых аминокислот.

3. Биодоступность и усвояемость аминокислот. В зависимости от способа обработки продукта и источников аминокислот (животные или растительные белки) аминокислоты могут усваиваться по-разному. Процессы, такие как пастеризация или добавление других компонентов, могут влиять на структуру белка, что в свою очередь может влиять на усвояемость аминокислот.

4. Синергетическое взаимодействие компонентов. Взаимодействие между различными компонентами продукта (например, витаминами, минералами, фитонутриентами) может влиять на усвояемость и биодоступность аминокислот. Например, наличие антипитательных веществ в растительных компонентах может ухудшить абсорбцию аминокислот.

Для оптимизации рецептуры десерта из творожной пасты на основе козьего молока с добавлением талкана и инулина и улучшения ее аминокислотного профиля рассмотрены следующие подходы:

✓ Добавление аминокислотных компонентов: включение изолятов белка или концентратов, богатых недостающими аминокислотами (например, добавление изолята соевого белка, который содержит высокий уровень лизина и метионина).

✓ Использование дополнительных источников белка: комбинация различных источников белка для достижения более сбалансированного аминокислотного профиля (например, добавление казеината и сывороточного белка, которые содержат больше триптофана и лизина).

✓ Обогащение продукта натуральными источниками аминокислот: включение в состав продукта таких ингредиентов, как орехи, семена (льна

⁹ <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

или чиа), которые являются богатыми источниками валина, метионина и других аминокислот.

✓ Биотехнологическая оптимизация: применение специально разработанных заквасок и пробиотиков, способных продуцировать недостающие аминокислоты прямо в процессе ферментации.

✓ Изменение условий производства: регулирование условий ферментации, таких как температура и время, для максимизации синтеза и сохранения аминокислот в готовом продукте.

✓ Контроль качества исходных материалов: усиление контроля за качеством используемого козьего молока, включая диету коз, так как питание животных может влиять на аминокислотный состав молока.

Для тщательной оптимизации рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана (талкан готовится из безглютенового злака пшена: зерно обжаривают на среднем огне до приобретения коричневого оттенка и орехового запаха при температуре 250 °C в течение 25 мин., затем остужают и измельчают до состояния муки) и инулина предлагаются следующие улучшения (рис. 2).

Талкан придает разработанному десерту приятный ореховый привкус, улучшает его текстуру и обогащает пищевыми волокнами.

Для проведения анализа оптимизации рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина предложенные изменения были систематизированы в матрицу планирования. После этого проведен регрессионный анализ для оценки влияния ключевых факторов на качественные показатели разрабатываемого продукта. Матрица включает факторы для эксперимента (рис. 3) и функции цели (рис. 4), которые необходимо достичь (табл. 3).

Таблица 3. Матрица планирования эксперимента

Table 3. Experiment planning matrix

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °C	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °C	Продолжительность сквашивания, ч.	Цель эксперимента
1	0	1	85	5	38	4	базовый уровень
2	5	3	90	10	42	6	улучшенное качество
3	10	5	85	5	42	6	максимальная функциональность
4	0	5	90	10	38	4	минимум затрат

Рис. 2. Предполагаемые улучшения

Fig. 2. Proposed improvements



Рис. 3. Факторы для эксперимента

Fig. 3. Factors for the experiment



Рис. 4. Функции цели

Fig. 4. Goal functions



Оптимизация рецептуры десерта**1. Максимизация содержания белка**

Для максимизации содержания белка в десерте на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина наиболее значимым фактором является добавление сывороточного белка. На основе проведенных экспериментов оптимальная концентрация сывороточного белка — 10% (табл. 4).

2. Максимизация аминокислотного сора

Для достижения оптимального аминокислотного профиля десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина важно учитывать как количество, так и качество белка. Включение 10% сывороточного белка и 5% инулина помогает достичь наилучшего баланса аминокислот в конечной продукции десерта (табл. 5).

3. Оптимизация органолептических свойств десерта

Для улучшения органолептических свойств (консистенции и вкуса) десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина рекомендуется использовать умеренные концентрации сывороточного белка и инулина, а также оптимальные условия пастеризации и сквашивания.

На основе сбалансированного аминокислотного состава разработана рецептура десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина с повышенной питательной ценностью и уникальными вкусовыми качествами (табл. 6).

4. Минимизация затрат

Для минимизации затрат при производстве десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина предлагаем оптимально использовать минимальные концентрации добавок и более низкие температуры пастеризации и сквашивания (табл. 7).

На основе проведенных экспериментов и анализа данных можно сделать следующие выводы:

1. Максимизация содержания белка. Наиболее эффективным методом является добавление 10% сывороточного белка. Это позволяет достичь наивысшего содержания белка в продукте (5,5%).

2. Максимизация аминокислотного сора. Оптимальное сочетание 10% сывороточного белка и 5% инулина при пастеризации при 85 °С в течение 5 мин. и сквашивании при 42 °С в течение 6 ч. обеспечивает наилучший аминокислотный профиль.

3. Оптимизация органолептических свойств. Сочетание 5% сывороточного белка и 3% инулина при пастеризации при 90 °С в течение 10 мин. и сквашивании при 42 °С в течение 6 ч. улучшает органолептические свойства продукта.

4. Минимизация затрат. Для минимизации затрат оптимально использовать минимальные добавки (0% сывороточного белка и 1% инулина), более низкие температуры и время пастеризации и сквашивания (85 °С, 5 мин.; 38 °С, 4 ч.).

Таблица 4. Максимизация содержания белка**Table 4. Maximizing protein content**

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Содержание белка, %
3	10	5	85	5	42	6	5,5

Таблица 5. Максимизация аминокислотного сора**Table 5. Maximizing amino acid score**

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Аминокислотный сора
3	10	5	85	5	42	6	высокий

Таблица 6. Оптимизация органолептических свойств десерта**Table 6. Optimizing the organoleptic properties of dessert**

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Качество (1–10)
2	5	3	90	10	42	6	8

Таблица 7. Минимизация затрат**Table 7. Cost minimization**

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Затраты, тенге
1	0	1	85	5	38	4	500

Результаты данного исследования позволяют сделать обоснованные рекомендации по оптимизации рецептуры десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина для достижения различных целей, будь то повышение содержания белка, улучшение аминокислотного сора, оптимизация органолептических свойств или минимизация затрат.

Для создания оптимальной рецептуры, удовлетворяющей все целевые функции (максимизацию содержания белка, максимизацию аминокислотного сора, оптимизацию органолептических свойств и минимизацию затрат), необходимо найти компромиссное решение, которое позволит сбалансировать все эти параметры.

Оптимальная рецептура десерта для всех целевых функций

На основе анализа наиболее сбалансированным вариантом является использование умеренного уровня сывороточного белка и инулина, оптимальных условий пастеризации и сквашивания, что обеспечивает хорошие показатели по всем целевым функциям (табл. 8).

- Сывороточный белок 5% достаточен для улучшения содержания белка и аминокислотного профиля, при этом не увеличивает затраты слишком значительно.
- Инулин 3% обеспечивает хорошие пребиотические свойства и улучшает текстуру продукта, сохраняя органолептические свойства.
- Температура пастеризации 85 °С и время пастеризации 5 мин. оптимальны для сохранения питательных веществ и безопасности продукта.
- Температура сквашивания 42 °С и время сквашивания 6 ч. обеспечивают развитие желаемой консистенции и вкуса.

Формулы регрессии для прогнозирования

На основе регрессионного анализа можем использовать формулы для прогнозирования уровня качества десертов из творожной пасты на основе козьего молока с добавлением талкана и инулина.

Формула для предсказания качества:

$$Q = 5,000 + 0,280 \times C_{wb} + 0,600 \times C_{in},$$

где: Q — показатель качества, C_{wb} — массовая концентрация сывороточного белка (например, в г / 100 г); C_{in} — массовая концентрация инулина (например, в г / 100 г).

Формула для предсказания содержания белка в десертах из творожной пасты на основе козьего молока с добавлением талкана и инулина (в %):

$$P = 3,0 + 0,15 \times C_{wb} + 0,10 \times C_{in},$$

где: P — содержание белка (%), C_{wb} — массовая концентрация сывороточного белка (например,

Таблица 8. Оптимальная рецептура десерта на основе творожной пасты из козьего молока

Table 7. Optimal recipe for dessert based on goat milk curd paste

Эксперимент	Сывороточный белок, %	Инулин, %	Температура пастеризации, °С	Продолжительность пастеризации, мин.	Температура сквашивания, °С	Продолжительность сквашивания, ч.	Качество (1–10)	Содержание белка, %	Пребиотическая активность	Затраты, тенге
Оптимальный	5	3	85	5	42	6	8,5	4,8	4,5	575

в г / 100 г), C_{in} — массовая концентрация инулина (например, в г / 100 г).

Формула для предсказания пребиотической активности в десерте из творожной пасты на основе козьего молока с добавлением талкана и инулина:

$$A_{pre} = 2,0 + 0,20 \times C_{wb} + 0,30 \times C_{in},$$

где: A_{pre} — пребиотическая активность, C_{wb} — массовая концентрация сывороточного белка (например, в г / 100 г), C_{in} — массовая концентрация инулина (например, в г / 100 г).

Выводы/Conclusion

Аминокислотный состав разработанного продукта сбалансирован.

Оптимальная рецептура десерта на основе творожной пасты из козьего молока с добавлением талкана и инулина, основанная на вышеописанных параметрах, обеспечивает баланс между максимальным содержанием белка, улучшением аминокислотного состава, оптимизацией органолептических свойств и минимизацией затрат.

Разработанная рецептура десерта на основе творожной пасты из козьего молока с включением 5% сывороточного белка, 3% инулина и добавлением до 20% талкана позволяет получить творожные десерты с достаточно высокими характеристиками, удовлетворяющими возрастающие потребности потребителей, заинтересованных в здоровом питании и функциональных продуктах.

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

Материалы подготовлены в рамках договора по выполнению НИР с предприятием Gala Food и Международным инженерно-технологическим университетом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Prosser C.G. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *Journal of Food Science*. 2021; 86(2): 257–265. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15574>
2. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>

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 materials were prepared within the framework of a research agreement with the "Gala Food" enterprise and the International University of Engineering and Technology.

REFERENCES

1. Prosser C.G. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *Journal of Food Science*. 2021; 86(2): 257–265. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15574>
2. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 2004; 51(2): 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>

3. Aliyu A.O., Faruruwa M.D., Abdu A.H. Seasonal Evaluation of Mineral Elements, Heavy Metals, Essential Amino Acids, Proximate Compositions and Pesticides in Goat Milk. *World Journal of Analytical Chemistry*. 2015; 3(1): 1–9.
4. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
5. Collard K.M., McCormick D.P. A Nutritional Comparison of Cow's Milk and Alternative Milk Products. *Academic Pediatrics*. 2021; 21(6): 1067–1069. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2020.12.007>
6. Ma Y. *et al.* Physicochemical stability and *in vitro* digestibility of goat milk affected by freeze-thaw cycles. *Food Chemistry*. 2023; 404(B): 134646. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134646>
7. de Oliveira A.H., Mata M.E.R.M.C., Fortes M., Duarte M.E.M., Pasquali M., Lisboa H.M. Influence of spray drying conditions on the properties of whole goat milk. *Drying Technology*. 2021; 39(6): 726–737. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1714647>
8. van Leeuwen S.S., te Poele E.M., Chrysovalantou Chatzioannou A., Benjamins E., Haandrikman A., Dijkhuizen L. Goat Milk Oligosaccharides: Their Diversity, Quantity, and Functional Properties in Comparison to Human Milk Oligosaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020; 68(47): 13469–13485. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03766>
9. Pescuma M., Hébert E.M., Mozzi F., de Valdez G.F. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 2010; 141(1–2): 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011>
10. Park Y.W., Haenlein G.F.W. Therapeutic and Hypoallergenic Values of Goat Milk and Implication of Food Allergy. Park Y.W., Haenlein G.F.W. (eds.). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing. 2006; 121–135. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch6>
11. Nayik G.A., Jagdale Y.D., Gaikwad S.A., Devkatte A.N., Dar A.H., Ansari M.J. Nutritional Profile, Processing and Potential Products: A Comparative Review of Goat Milk. *Dairy*. 2022; 3(3): 622–647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>
12. Sufyanova L. *et al.* Sanitary assessment and technological indicators of goat milk. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502002>
13. Nayik G.A. *et al.* Recent Insights Into Processing Approaches and Potential Health Benefits of Goat Milk and Its Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 789117. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.789117>
14. McGhee C.E., Gupta B.P., Park Y.W. Evaluation of Total Fatty Acid Profiles of Two Types of Low-Fat Goat Milk Ice Creams. *Open Journal of Animal Sciences*. 2015; 5(1): 21–29. <http://doi.org/10.4236/ojas.2015.51003>
15. Tan S.F., Chin N.L., Tee T.P., Chooi S.K. Physico-Chemical Changes, Microbiological Properties, and Storage Shelf Life of Cow and Goat Milk from Industrial High-Pressure Processing. *Processes*. 2020; 8(6): 697. <https://doi.org/10.3390/pr8060697>
16. Felipe X., Capellas M., Law A.J.R. Comparison of the Effects of High-Pressure Treatments and Heat Pasteurization on the Whey Proteins in Goat's Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997; 45(3): 627–631. <https://doi.org/10.1021/jf960406o>
17. Datta N., Deeth H.C. High pressure processing of milk and dairy products. *Australian Journal of Dairy Technology*. 1999; 54(2): 41–48.
18. Karlović S. *et al.* Reducing Fat Globules Particle-Size in Goat Milk: Ultrasound and High Hydrostatic Pressures Approach. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 2014; 28(4): 499–507. <http://doi.org/10.15255/CABEQ.2014.19400>
19. Silva V.L. *et al.* Consumo e digestibilidade dos nutrientes dietéticos em cordeiros de diferentes grupos genéticos alimentados com farelo de castanha de caju. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013; 14(4): 695–709.
20. Serdyukova Ya.P., Kazarova I.G., Zakurdaeva A.A., Gorlov I.F., Anisimova E.Yu., Mosolova N.I. Fermented goat milk product: Improvement of the production technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 032083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032083>
21. Buran İ., Akal C., Ozturkoglu-Budak S., Yetisemiyen A. Rheological, sensorial and volatile profiles of synbiotic kefir produced from cow and goat milk containing varied probiotics in combination with fructooligosaccharide. *LWT*. 2021; 148: 111591. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111591>
3. Aliyu A.O., Faruruwa M.D., Abdu A.H. Seasonal Evaluation of Mineral Elements, Heavy Metals, Essential Amino Acids, Proximate Compositions and Pesticides in Goat Milk. *World Journal of Analytical Chemistry*. 2015; 3(1): 1–9.
4. Verruck S., Dantas A., Prudencio E.S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*. 2019; 52: 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
5. Collard K.M., McCormick D.P. A Nutritional Comparison of Cow's Milk and Alternative Milk Products. *Academic Pediatrics*. 2021; 21(6): 1067–1069. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2020.12.007>
6. Ma Y. *et al.* Physicochemical stability and *in vitro* digestibility of goat milk affected by freeze-thaw cycles. *Food Chemistry*. 2023; 404(B): 134646. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134646>
7. de Oliveira A.H., Mata M.E.R.M.C., Fortes M., Duarte M.E.M., Pasquali M., Lisboa H.M. Influence of spray drying conditions on the properties of whole goat milk. *Drying Technology*. 2021; 39(6): 726–737. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1714647>
8. van Leeuwen S.S., te Poele E.M., Chrysovalantou Chatzioannou A., Benjamins E., Haandrikman A., Dijkhuizen L. Goat Milk Oligosaccharides: Their Diversity, Quantity, and Functional Properties in Comparison to Human Milk Oligosaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020; 68(47): 13469–13485. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03766>
9. Pescuma M., Hébert E.M., Mozzi F., de Valdez G.F. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 2010; 141(1–2): 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.011>
10. Park Y.W., Haenlein G.F.W. Therapeutic and Hypoallergenic Values of Goat Milk and Implication of Food Allergy. Park Y.W., Haenlein G.F.W. (eds.). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Blackwell Publishing. 2006; 121–135. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch6>
11. Nayik G.A., Jagdale Y.D., Gaikwad S.A., Devkatte A.N., Dar A.H., Ansari M.J. Nutritional Profile, Processing and Potential Products: A Comparative Review of Goat Milk. *Dairy*. 2022; 3(3): 622–647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>
12. Sufyanova L. *et al.* Sanitary assessment and technological indicators of goat milk. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502002>
13. Nayik G.A. *et al.* Recent Insights Into Processing Approaches and Potential Health Benefits of Goat Milk and Its Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 789117. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.789117>
14. McGhee C.E., Gupta B.P., Park Y.W. Evaluation of Total Fatty Acid Profiles of Two Types of Low-Fat Goat Milk Ice Creams. *Open Journal of Animal Sciences*. 2015; 5(1): 21–29. <http://doi.org/10.4236/ojas.2015.51003>
15. Tan S.F., Chin N.L., Tee T.P., Chooi S.K. Physico-Chemical Changes, Microbiological Properties, and Storage Shelf Life of Cow and Goat Milk from Industrial High-Pressure Processing. *Processes*. 2020; 8(6): 697. <https://doi.org/10.3390/pr8060697>
16. Felipe X., Capellas M., Law A.J.R. Comparison of the Effects of High-Pressure Treatments and Heat Pasteurization on the Whey Proteins in Goat's Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997; 45(3): 627–631. <https://doi.org/10.1021/jf960406o>
17. Datta N., Deeth H.C. High pressure processing of milk and dairy products. *Australian Journal of Dairy Technology*. 1999; 54(2): 41–48.
18. Karlović S. *et al.* Reducing Fat Globules Particle-Size in Goat Milk: Ultrasound and High Hydrostatic Pressures Approach. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*. 2014; 28(4): 499–507. <http://doi.org/10.15255/CABEQ.2014.19400>
19. Silva V.L. *et al.* Consumo e digestibilidade dos nutrientes dietéticos em cordeiros de diferentes grupos genéticos alimentados com farelo de castanha de caju. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2013; 14(4): 695–709 (in Portuguese).
20. Serdyukova Ya.P., Kazarova I.G., Zakurdaeva A.A., Gorlov I.F., Anisimova E.Yu., Mosolova N.I. Fermented goat milk product: Improvement of the production technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 032083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032083>
21. Buran İ., Akal C., Ozturkoglu-Budak S., Yetisemiyen A. Rheological, sensorial and volatile profiles of synbiotic kefir produced from cow and goat milk containing varied probiotics in combination with fructooligosaccharide. *LWT*. 2021; 148: 111591. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111591>

22. Ismail M.M., Hamad M.F., Elraghy E.M. Using Goat's Milk, Barley Flour, Honey, and Probiotic to Manufacture of Functional Dairy Product. *Probiotics Antimicrobial Proteins*. 2018; 10(4): 677–691. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9316-4>
23. Velyamov S., Ospanov A., Tlevlessova D., Makeeva R., Tastanova R. Production of yogurt from goat and sheep milk with a fruit and berry concentrate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023; (1-11): 23–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272212>
24. Farag M.A., Saleh H.A., El Ahmady S., Elmassry M.M. Dissecting Yogurt: the Impact of Milk Types, Probiotics, and Selected Additives on Yogurt Quality. *Food Reviews International*. 2021; 38(S1): 634–650. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1877301>
25. Freire F.C. *et al.* Impact of multi-functional fermented goat milk beverage on gut microbiota in a dynamic colon model. *Food Research International*. 2017; 99(1): 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.028>
26. Урюмцева Т.И., Темербаева М.В., Ребезов М.Б. Биосинтетические особенности лактибацилл как технологический параметр для использования в пищевой промышленности. *Качество продукции, технологий и образования. Материалы XV Международной научно-практической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*. 2020; 91–94. <https://www.elibrary.ru/smulnt>
27. Темербаева М.В., Бестиева М.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б. Разработка технологии фруктовых десертов с бифидогенными свойствами на основе козьего молока. *Вестник Алматинского технологического университета*. 2019; (3): 56–59. <https://www.elibrary.ru/rchhlw>
28. Темербаева М.В., Бестиева М.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б. Методология проведения исследований при разработке десертов на основе козьего молока. *Вестник Алматинского технологического университета*. 2019; (4): 16–19. <https://www.elibrary.ru/anscah>
29. Темербаева М.В., Ребезов М.Б. Разработка технологии кисломолочного продукта на основе козьего молока для питания беременных и кормящих женщин. *Научные инновации — аграрному производству. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина*. 2018; 1436–1440. <https://www.elibrary.ru/xmoqlz>
30. Темербаева М.В., Ребезов М.Б. Теоретические и практические аспекты создания комбинированных пищевых продуктов специального назначения. Павлодар: *Кереку*. 2017; 141. ISBN 978-601-238-717-9 <https://www.elibrary.ru/yxynyv>
31. Темербаева М.В., Ребезов М.Б., Хайруллин М.Ф., Нестеренко А.А., Кений Н.В., Пономарев Е.Е. Теоретические и практические аспекты создания пищевых продуктов специального назначения. Алматы: *Международное агентство подписки*. 2020; 170. ISBN 978-601-248-943-9 <https://www.elibrary.ru/ohxikh>
32. Ткачук О.В., Ребезов М.Б., Кизатова М.Ж., Насамбаев Е.Г., Азимова С.Т., Максимюк Н.Н. Разработка и оценка потребительских свойств десертов плодово-ягодных взбитых и замороженных с творожной сывороткой. М.: *Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН*. 2020; 167. ISBN 978-5-901768-34-1 <https://www.elibrary.ru/wlxvba>
33. Салихова Э.М., Ребезов М.Б., Кизатова М.Ж., Топурия Г.М., Насамбаев Е.Г., Петухова Е.П. Разработка и оценка потребительских свойств молочных десертов из творожной сыворотки. М.: *Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН*. 2020; 163. ISBN 978-5-901768-32-7 <https://www.elibrary.ru/yfjhbb>
34. Попова М.А., Ребезов М.Б., Максимюк Н.Н., Ибадуллаева Г.С., Хрючкина Е.А., Шпаков А.В. Разработка и оценка потребительских свойств биойогуртов функционального назначения. Алматы: *Международное агентство подписки*. 2020; 160. ISBN 978-601-248-964-4 <https://www.elibrary.ru/wxkqfr>
35. Ребезов М.Б. *и др.* Новые творожные изделия с функциональными свойствами. Челябинск: *ЮУрГУ*. 2011; 93. ISBN 978-5-696-04157-5 <https://www.elibrary.ru/qniqdn>
36. Наумова Н.Л., Ребезов М.Б., Варганова Е.Я. Функциональные продукты питания. Спрос и предложение. Челябинск: *ЮУрГУ*. 2012; 77. ISBN 978-5-696-04229-9 <https://www.elibrary.ru/rafkcp>
22. Ismail M.M., Hamad M.F., Elraghy E.M. Using Goat's Milk, Barley Flour, Honey, and Probiotic to Manufacture of Functional Dairy Product. *Probiotics Antimicrobial Proteins*. 2018; 10(4): 677–691. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9316-4>
23. Velyamov S., Ospanov A., Tlevlessova D., Makeeva R., Tastanova R. Production of yogurt from goat and sheep milk with a fruit and berry concentrate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023; (1-11): 23–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272212>
24. Farag M.A., Saleh H.A., El Ahmady S., Elmassry M.M. Dissecting Yogurt: the Impact of Milk Types, Probiotics, and Selected Additives on Yogurt Quality. *Food Reviews International*. 2021; 38(S1): 634–650. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1877301>
25. Freire F.C. *et al.* Impact of multi-functional fermented goat milk beverage on gut microbiota in a dynamic colon model. *Food Research International*. 2017; 99(1): 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.028>
26. Uryumtseva T.I., Temerbayeva M.V., Rebezov M.B. Biosynthetic features of lactibacilli as a technological parameter for use in the food industry. *Quality of products, technologies and education. Proceedings of the XV International scientific and practical conference. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2020; 91–94 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/smulnt>
27. Temerbayeva M.V., Bestieva M.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B. Development of fruit desserts technology with bifidogenic properties based on goat's milk. *The Journal of Almaty Technological University*. 2019; (3): 56–59 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rchhlw>
28. Temerbayeva M.V., Bestieva M.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B. Research methodology in the development of desserts based on goat milk. *The Journal of Almaty Technological University*. 2019; (4): 16–19 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/anscah>
29. Temerbayeva M.V., Rebezov M.B. Development of technology of fermented milk product based on goat milk for nutrition pregnant and lactating women. *Scientific innovations for agricultural production. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Omsk State Agrarian University. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin*. 2018; 1436–1440 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xmoqlz>
30. Temerbayeva M.V., Rebezov M.B. Theoretical and practical aspects of creating combined food products for special purposes. Pavlodar: *Kereku*. 2017; 141 (in Russian). ISBN 978-601-238-717-9 <https://www.elibrary.ru/yxynyv>
31. Temerbayeva M.V., Rebezov M.B., Khayrullin M.F., Nesterenko A.A., Keniy N.V., Ponomarev E.E. Theoretical and practical aspects of creating food products for special purposes. Almaty: *International Subscription Agency*. 2020; 170 (in Russian). ISBN 978-601-248-943-9 <https://www.elibrary.ru/ohxikh>
32. Tkachuk O.V., Rebezov M.B., Kizatova M.Zh., Nasambaev E.G., Azimova S.T., Maksimuk N.N. Development and evaluation of consumer properties of frozen whipped fruit and berry desserts with curd whey. Moscow: *V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences*. 2020; 167 (in Russian). ISBN 978-5-901768-34-1 <https://www.elibrary.ru/wlxvba>
33. Salikhova E.M., Rebezov M.B., Kizatova M.Zh., Topuria G.M., Nasambaev E.G., Petukhova E.P. Development and evaluation of consumer properties of milk desserts from curd whey. Moscow: *V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences*. 2020; 163 (in Russian). ISBN 978-5-901768-32-7 <https://www.elibrary.ru/yfjhbb>
34. Popova M.A., Rebezov M.B., Maksimuk N.N., Ibadullaeva G.S., Khryuchkina E.A., Shpakov A.V. Development and evaluation of consumer properties of functional bioyogurts. Almaty: *International subscription agency*. 2020; 160 (in Russian). ISBN 978-601-248-964-4 <https://www.elibrary.ru/wxkqfr>
35. Rebezov M.B. *et al.* New curd products with functional properties. Chelyabinsk: *South Ural State University*. 2011; 93 (in Russian). ISBN 978-5-696-04157-5 <https://www.elibrary.ru/qniqdn>
36. Naumova N.L., Rebezov M.B., Varganova E.Ya. Functional food products. Supply and demand. Chelyabinsk: *South Ural State University*. 2012; 77 (in Russian). ISBN 978-5-696-04229-9 <https://www.elibrary.ru/rafkcp>

37. Темербаева М.В., Ребезов М.Б., Матибаева А.И., Мухтарханова Р.Б., Горелик О.В., Хайруллин М.Ф. Биотехнологические аспекты ферментированных молочных продуктов функционального назначения. Алматы: Международное агентство подписки. 2020; 190. ISBN 978-601-248-945-3
<https://www.elibrary.ru/emcgnd>

38. Нызаматдин А.Д., Асембаева Э.К., Набиева Ж.С., Божбанов А.Ж., Кожакчиева М.О. Ешкі сүтінен жасалған сүтқышқылды өнімінің сапасы мен қауіпсіздігі. *Шәкәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы.* 2024; (3): 155–162.
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-21)

39. Булашев Б.К., Каманова С.Г., Темирова И.Ж., Игенбаев А.К., Оспанкулова Г.Х. Анализ отраслевых систем производства пищевых продуктов для обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов. *Вестник Университета Шакарима. Серия: Технические науки.* 2024; (3): 177–182.
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-24](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-24)

40. Мустафаева А.К. Өсімдік тектес шикізатпен байытылған жұмсақ ірімшік өндіру технологиясы. *Шәкәрім Университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы.* 2024; (2): 246–253.
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-30](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-30)

41. Abish Zh.A., Alibekov R.S., Orymbetova G.E., Utebaeva A.A., Sysoeva E.V. Characteristics of milk whey based mousse. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences.* 2024; (2): 262–271.
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-32)

ОБ АВТОРАХ

Динара Абаевна Тлевлесова^{1,4}

кандидат технических наук, ассоциированный профессор
 Tlevlessova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>

Алтынай Бурхатовна Абуова¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
 a_burkhatovna@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1987-8417>

Раушан Кыдырхановна Макеева^{3,4}

главный технолог³;
 научный сотрудник⁴
 raushan_u67@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6344-4301>

Жулдыз Канайкызы Кожаканова³

директор
 kozamilkkz@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4652-8922>

Акниет Толегенкызы Ибраихан¹

кандидат технических наук, докторант
 ibraikhan.akniet0195@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9444-6833>

Рустем Бакытжанулы²

бакалавр
 rustem_zhanys@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-9679-0258>

¹Международный инженерно-технологический университет,
 пр-т Аль-Фараби, 93Г/5, Алматы, 050060, Казахстан

²Алматинский технологический университет,
 ул. Толе Би, 100, Алматы, 050012, Казахстан

³ИП Gala Food,
 с. Жандосово, Карасайский р-н, Алматинская обл.,
 040915, Казахстан

⁴Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности,
 пр-т Серкебаева (бывший пр-т им. Ю. Гагарина), 238Г,
 Алматы, 050060, Казахстан

37. Temerbaeva M.V., Rebezov M.B., Matibaeva A.I., Mukhtarkhanova R.B., Gorelik O.V., Khayrullin M.F. Biotechnological aspects of fermented dairy products for functional purposes. *Almaty: International subscription agency.* 2020; 190 (in Russian). ISBN 978-601-248-945-3
<https://www.elibrary.ru/emcgnd>

38. Nizamatdin A.D., Asembaeva E.K., Nabieva Zh.S., Bozhbanov A.Zh., Kozhakchieva M.O. The quality and safety of goat milk sour-milk product. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences.* 2024; (3): 155–162 (in Kazakh).
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-21)

39. Bulashev B.K., Kamanova S.G., Temirova I.Zh., Igenbaev A.K., Ospankulova G.H. Analysis of industrial food production systems to ensure food safety and quality. *Bulletin of Shakarim University. Series: Technical Sciences.* 2024; (3): 177–182 (in Russian).
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-24](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-24)

40. Mustafaeva A.K. Technology for production of soft cheese enriched in plant raw materials. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences.* 2024; (2): 246–253 (in Kazakh).
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-30](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-30)

41. Abish Zh.A., Alibekov R.S., Orymbetova G.E., Utebaeva A.A., Sysoeva E.V. Characteristics of milk whey based mousse. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences.* 2024; (2): 262–271.
[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2\(14\)-32](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-2(14)-32)

ABOUT THE AUTHORS

Dinara Abaevna Tlevlessova^{1,4}

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Tlevlessova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>

Altynay Burkhatovna Abuova¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
 a_burkhatovna@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1987-8417>

Raushan Kydyrkhanovna Makeeva^{3,4}

Chief Technologist³;
 Researcher⁴
 raushan_u67@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6344-4301>

Zhuldyz Kanaikyzy Kozhakanova³

Director
 kozamilkkz@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4652-8922>

Akniet Tolegenkyzy Ibraikhan¹

Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student
 ibraikhan.akniet0195@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9444-6833>

Rustem Bakytzhanuly²

Bachelor
 rustem_zhanys@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-9679-0258>

¹International Engineering and Technology University,
 93G/5 Al-Farabi Ave., Almaty, 050060, Kazakhstan

²Almaty Technological University,
 100 Tole Bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan

³“Gala Food” (individual enterprise),
 Zhandosovo, Karasai district, Almaty region, 040915,
 Kazakhstan

⁴Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry,
 238G Serkebayev Ave. (former Gagarin Ave.), Almaty, 050060,
 Kazakhstan

УДК 332.025, 332.63

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-140-153

О.В. Пивоварова ✉

С.Л. Орлов

А.А. Хачатрян

*Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия*

✉ ovpivovarova@fa.ru

Поступила в редакцию: 09.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Пивоварова О.В., Орлов С.Л.,
Хачатрян А.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-140-153

Olga V. Pivovarova ✉

Sergey L. Orlov

Asthghik A. Khachatryan

*Financial University under the
Government of Russian Federation,
Moscow, Russia*

✉ ovpivovarova@fa.ru

Received by the editorial office: 09.07.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Pivovarova O.V., Orlov S.L., Khachatryan A.A.

Цифровая экосистема агропромышленного комплекса Российской Федерации: возможности и ограничения имплементации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цифровая трансформация экономических процессов определяет новый формат взаимодействия субъектов агропромышленного комплекса в ходе реализации производственного и сбытового циклов. Выступая межотраслевым комплексом, АПК включает в себя множество взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом элементов системы, задача которых — обеспечить продовольственную безопасность страны. В условиях технологических и природно-климатических предпосылок, влияющих на традиционный формат деятельности сельскохозяйственных предприятий, а также комплекса факторов, формирующих барьеры к стабильному развитию, реализация фундаментальной задачи АПК возможна при повышении эффективности взаимодействия его структурных компонентов. Одним из способов повышения эффективности АПК в условиях цифровой трансформации выступает создание единой цифровой экосистемы, подразумевающей под собой инструмент координации и интеграции участников, товаров, AgTech-решений и результатов научных исследований в единой информационной среде.

Методы. В ходе исследования были изучены теоретические аспекты цифровой трансформации агропромышленного комплекса, определен текущий уровень цифровизации АПК России, выявлены проблемное поле и возможности имплементации цифровой экосистемы в агропромышленный комплекс посредством использования системного, структурно-функционального и статистического анализов, методов моделирования, классификации и дедукции.

Результаты. В результате исследования была разработана концепция цифровой экосистемы агропромышленного комплекса России, учитывающая текущее состояние агросектора и вызовы рынка. Предлагаемая цифровая экосистема АПК позволит повысить эффективность сельскохозяйственных предприятий, обеспечить рациональное использование природных ресурсов, минимизировать влияние барьеров развития АПК посредством эффективной коммуникации и координации ключевых участников рынка в единой информационной среде.

Ключевые слова: Агропромышленный комплекс, цифровая экосистема, сельское хозяйство, цифровая платформа, эффективность, цифровизация АПК, цифровые решения

Для цитирования: Пивоварова О.В., Орлов С.Л., Хачатрян А.А. Цифровая экосистема агропромышленного комплекса Российской Федерации: возможности и ограничения имплементации. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 140–153.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-140-153>

Digital ecosystem of the agricultural sector of the Russian Federation: opportunities and limitations of implementation

ABSTRACT

Relevance. The digital transformation of economic processes determines a new format for interaction between subjects of the agro-industrial complex during the implementation of production and sales cycles. Acting as an intersectoral complex, the agro-industrial complex includes many interconnected and interacting elements of the system, the task of which is to ensure the country's food security. Under the conditions of technological and natural-climatic prerequisites that influence the traditional format of activity of agricultural enterprises, as well as a set of factors that form barriers to stable development, the implementation of the fundamental task of the agro-industrial complex is possible by increasing the efficiency of interaction of its structural components. One of the ways to increase the efficiency of the agro-industrial complex in the context of digital transformation is the creation of a unified digital ecosystem, which implies a tool for coordinating and integrating participants, goods, AgTech solutions and scientific research results in a single information environment.

Methods. During the study, the theoretical aspects of the digital transformation of the agro-industrial complex were studied, the current level of digitalization of the Russian agro-industrial complex was determined, the problem field and possibilities for implementing the digital ecosystem in the agro-industrial complex were identified through the use of systemic, structural-functional and statistical analyses, modeling methods, classification and deduction.

Results. As a result of the research, a concept of the digital ecosystem of the Russian agro-industrial complex was created, considering the current state of the agricultural sector and market challenges. The proposed digital ecosystem of the agro-industrial complex is designed to increase the efficiency of agricultural enterprises, ensure the rational use of natural resources, and minimize the impact of barriers to the development of the agro-industrial complex through effective communication and coordination of key market participants in a unified information environment.

Key words: agro-industrial complex, digital ecosystem, agriculture, digital platform, efficiency, digitalization of the agricultural sector, digital solutions

For citation: Pivovarova O.V., Orlov S.L., Khachatryan A.A. Digital ecosystem of the agricultural sector of the Russian Federation: opportunities and limitations of implementation. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 140–153 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-140-153>

Введение/Introduction

В условиях цифровой трансформации экономического пространства цифровые инструменты управления приобретают особую роль в достижении сбалансированного развития отраслевой политики Российской Федерации. Их формирование и дальнейшее развитие обусловлены двумя ключевыми тенденциями, где первая связана с активным процессом разработки и приобретения цифровых платформ и сервисов, удовлетворяющих потребности производителей, а вторая — с усилением экономических эффектов от более тесной интеграции и координации основных участников управленческих процессов [1]. Агропромышленный комплекс (далее — АПК) выступает единой системой, объединяющей многообразие отраслей народного хозяйства России, участвующих в создании конечной продукции АПК на различных стадиях производства [2].

Первостепенная задача агропромышленного комплекса — обеспечение продовольственной безопасности России посредством достижения устойчивого роста сельскохозяйственного производства и отраслей, косвенно или напрямую поддерживающих и обслуживающих его первое звено — растениеводство и животноводство [3]. В связи с этим особое внимание уделяется способам повышения эффективности функционирования отраслей и предприятий АПК.

Выступая одним из крупных промышленных межотраслевых комплексов, АПК сочетает в себе многообразие производственных и сбытовых связей, тесно взаимодействующих между собой [4]. Такие сложные структуры и взаимодействия позволяют определить АПК как экосистему, которая удовлетворяет классическому пониманию термина и характеризуется разнообразием природных, биологических и технологических аспектов [5].

Именно технологический аспект представляет особый интерес в условиях повсеместной цифровизации, поскольку позволяет влиять на эффективность всего многофункционального сектора экономики в целом и на его отдельные компоненты и процессы в частности. По мнению В.И. Меденникова, назревшая необходимость в цифровизации цепочек создания стоимости «агропродукта» определяется комплексом предпосылок, где центральное место занимает необходимость в повышении эффективности текущей модели координации между основными участниками рынка (предприятиями и отраслями АПК, государством, научно-исследовательскими центрами и иными контрагентами, обслуживающими и поддерживающими деятельность агросектора) для достижения стабильного развития отраслей экономики, обеспечивающих (косвенно или напрямую) продовольственную безопасность страны [6].

Подобная взаимосвязь элементов системы формирует потребность в разработке нового комплексного подхода к управлению агропромышленным комплексом (интеграция цифровых решений по управлению фермой для производителей, с одной стороны, и тесная кооперация научных, государственных и производственных ресурсов — с другой) формирует фундамент нового технологического концепта, способного повысить конкурентоспособность сельскохозяйственного продукта на мировом рынке. Всё вышесказанное обуславливает актуальность настоящего исследования.

Цели исследования — изучение проблем и перспектив цифровизации агропромышленного комплекса и разработка концепции цифровой экосистемы АПК, призванной интегрировать и аккумулировать производственные, научные и кадровые процессы, протекающие на этапах создания сельскохозяйственной продукции для повышения эффективности аграрного производства в России.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование теоретических и практических аспектов цифровизации агропромышленного комплекса было проведено на основе общенаучных методов исследования (системного анализа, классификации и дедукции) зарубежных и отечественных научных трудов, посвященных цифровизации агросектора, а также на основе анализа статистических данных «Цифровая экономика» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации¹ и Федеральной службы государственной статистики².

При разработке модели цифровой экосистемы АПК Российской Федерации применялись структурно-функциональный анализ, графический и формально-логические методы.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Содержание и концепция цифровой экосистемы и ее возможностей в АПК

АПК представляет собой ключевое звено в системе обеспечения продовольственной безопасности государства, выступая крупнейшим межотраслевым комплексом по производству, переработке и дистрибуции сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей потребности населения в питании. В связи с этим продовольственная безопасность, как один из важнейших элементов национальной безопасности, напрямую зависит от устойчивости и эффективности функционирования предприятий и отраслей АПК.

Вопросам повышения эффективности АПК посвящено множество отечественных научных

¹ Официальный сайт Национального центра развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации. — URL: https://ai.gov.ru/knowledgebase/infrastruktura-ii/2024_cifrovaya_ekonomika_kratkiy_statisticheskii_sbornik_2024_vshe/ (дата обращения: 18.06.2024).

² Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 18.06.2024).

трудов. Исследуя концептуальное понимание эффективности, отечественные экономисты более склонны рассматривать данный термин как категорию, отображающую отношение эффекта (результата деятельности) к затратам в микроэкономическом аспекте. Так, В.А. Добрынин [7] определял эффективность АПК как политэкономическую категорию, демонстрирующую общественные отношения, напрямую связанные с получением максимального количества продукции с каждого гектара земли при наименьших затратах человеческого труда на производство единицы продукции.

По мнению М.М. Мусаева [3], эффективность АПК есть категория, определяемая как повышение количества продовольственных и непродовольственных товаров, полученных из сельскохозяйственного сырья в расчете на душу населения при равномерном снижении затрат на производство единицы продукции.

В свою очередь, Г.И. Иванов рассматривает эффективность аграрного производства как экономическую категорию, включающую совокупность нескольких видов эффективности (технологическую, социальную и экологическую), направленных на повышение результативности финансово-хозяйственной деятельности субъекта посредством обеспечения высоких показателей производительности, экономичности, прибыльности и качества продукции [8].

Таким образом, большинство из анализируемых исследований определяют эффективность предприятий и отраслей АПК как совокупность факторов, влияющих на повышение производительности сельскохозяйственных предприятий и ведущих к снижению затрат (производственных, материально-сырьевых, кадровых) на единицу производимой конечной продукции.

При рассмотрении способов повышения эффективности АПК М.М. Мусаев акцентирует внимание на роли государственного регулирования в многоаспектном развитии АПК, основными задачами которого становятся улучшение качества продукции и поддержание конкурентоспособности отечественного производителя [3]. По мнению А.И. Алтухова, государственная поддержка является одним из приоритетных механизмов повышения эффективности АПК, устраняющей комплекс межотраслевых проблем [9].

Еще одним важным направлением, способствующим повышению эффективности АПК, по мнению И.Г. Галбина, выступают инновации, служащие локомотивом экономического развития в современных условиях. При этом ключевая роль в проведении масштабной трансформации отводится координации и кооперации всех участников инновационного процесса (предприятий АПК,

стартаперов, инвесторов и государства), что позволяет получить синергетический эффект [10].

Как отмечают Э.Н. Крылатых, О.Д. Проценко и М.Н. Дудин, наиболее перспективным инновационным вектором, способствующим повышению эффективности сельскохозяйственных предприятий в целях обеспечения продовольственной безопасности, является внедрение цифровых решений, поддерживаемых государством [11]. Такой подход позволяет объединить два указанных ключевых направления повышения эффективности АПК — инновации с учетом современных цифровых вызовов и государственную поддержку сектора.

Необходимость в трансформации и повышении эффективности предприятий АПК посредством внедрения инновационных цифровых решений обусловлена рядом причин.

Во-первых, применение цифровых технологий позволит рационально использовать ресурсы сельского хозяйства, что особенно актуально в связи с растущей потребностью в продовольствии (согласно экспертным оценкам к 2050 г. потребность в продовольствии увеличится на 70%) в условиях замедленного роста посевных полей (к 2050 г. доля земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, увеличится не более чем на 4%)³.

Во-вторых, внедрение инноваций обусловлено необходимостью в оптимизации производственных и сбытовых циклов, на которых сельскохозяйственные предприятия теряют свыше 40% продукции (могут достигать и 50%) [12]. В своем исследовании В. Тарасов, В. Ершов и Е. Абрашкина акцентируют внимание на положительном эффекте от внедрения цифровых решений (точная посадка при вложении в 45 млрд долл. даст прибавочную стоимость в размере 145 млрд долл., при этом высокотехнологичные способы внесения удобрений при вложенных 65 млрд долл. дадут прибавочную стоимость в 200 млрд долл.). Авторы акцентируют внимание на том, что благодаря цифровым технологиям к 2050 г. можно увеличить урожайность до 70% [13].

В-третьих, актуальность инноваций и их имплементация в АПК подтверждаются сложившимися к настоящему времени предпосылками: научно-технологическими переменами и открытиями, произошедшими в последние десятилетия. Так, авторами исследования «Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России» были проведены анализ и систематизация передовых технологий, наиболее релевантных к использованию в АПК, в частности⁴:

1) Развитие информационных технологий и ИТ-инфраструктуры, в том числе:

- использование технологии больших данных (BigData), формирующих новый подход к обработке

³ Handelsblatt Research Institute. The Future of Agriculture and Food. Available from: <https://www.bayer.com/sites/default/files/factbook.pdf> (accessed: 25/06/2024).

⁴ Доклад НИУ ВШЭ. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0. 2020. — URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/361056435.pdf> (дата обращения: 21.06.2024).

информационных потоков и, как следствие, позволяющих принимать более обоснованные решения на основе анализа прогноза погоды, вероятности заболеваний, оценки урожайности, тенденций на рынке и иных аспектов сельскохозяйственной деятельности в рамках одной модели;

- внедрение самообучающихся систем (AI-решения и IoT-платформы), позволяющих создавать самоуправляющиеся фермы;

- использование интернета вещей (IoT), объединяющего физические объекты в единую информационную сеть в целях сбора, анализа и обработки информации (например, решения умного земледелия);

- использование блокчейна, обеспечивающего прозрачность товаропередвижения «от фермы до тарелки», благодаря которой можно обнаружить некачественную продукцию, эффективно управлять контрактами, определить узкие места в цепочке поставок (иными словами, сократить производственные и логистические потери).

2) Развитие и применение робототехники в смежных отраслях, позволяющих решить проблему кадровой нехватки посредством внедрения автоматизированных систем на участках операционного процесса (например, беспилотные летательные аппараты и беспилотная тяжелая техника).

3) Развитие и использование биотехнологий для решения различного рода задач в части генетики, эпигенетики и синтетической биологии.

4) Развитие и использование нанотехнологий.

В эпоху Индустрии 4.0, которая сводится преимущественно к цифровизации и автоматизации производственных процессов, особое место отводится IT-технологиям, положившим начало развитию цифровых цепочек создания стоимости (например, интернет вещей, цифровые платформы и экосистемы, BigData, кибербезопасность, облачные вычисления, GPS и др.).

Интеграция технологических, производственных, управленческих и организационных факторов с цифровыми решениями формирует новую, целостную и многомерную среду взаимодействия компаний и иных участников рынка (государство, банковский сектор, потребители и др.). Подобная трансформация влечет за собой изменение бизнес-модели компании и способов кооперации между ними.

На сегодняшний день площадкой, соединяющей участников рынка в единой информационной среде, выступает цифровая экосистема, которая в последнее время приобрела высокую популярность ввиду упрощенной координации через цифровые каналы, многофункциональности, возможности к интеграции и самоорганизации участников. В своем исследовании В.В. Агафонов отмечает, что создание единой цифровой платформы позволит увеличить производительность

отраслей на 15–20%, однако ключевой проблемой остается стоимость реализации данного проекта, ввиду чего необходимо формировать региональные программы по внедрению цифровых решений с участием государства [14].

При определении содержания термина «цифровая экосистема» необходимо обратить внимание на сформировавшиеся теоретические двойники вследствие активной популяризации понятий «цифровая экосистема» и «цифровая платформа» различными информационными каналами СМИ, с одной стороны, и отсутствия четкого представления о сущности данных категорий и значительного многообразия их предметной идентификации — с другой.

Потеря концептуальности, однозначности и системности рассматриваемых терминов ведет к упрощению первоначально вкладываемого смысла в вышеуказанные понятия, формируя тем самым методологические «конфликты» при реализации цифровых решений на практике. Среди трудов, посвященных методологическому определению понятий «цифровая экосистема» и «цифровая платформа», выделяют работы таких зарубежных исследователей, как R. Ander [15], M. Jacobides⁵, C. Cennamo, A. Gawer [16], P.J. Williamson, A. De Meyer [17], и отечественных ученых — Г.Б. Клейнер [18], В.А. Карпинская [19], С.В. Дорошенко, А.Г. Шеломенцев [20], Ю.М. Акаткина [21], В.И. Меденников [5, 6], Е.А. Федулов [22], О.В. Агафонов [23], Д.А. Коробейников [24] и др. При этом исследования по определению механизмов внедрения и дальнейшего функционирования цифровых экосистем в АПК носят больше фрагментарный, нежели комплексный характер.

В.И. Меденников рассматривает цифровые платформы (далее — ЦП) в качестве базового элемента для функционирования, поддержания и дальнейшего развития, масштабирования цифровых экосистем. В таком представлении цифровые платформы являются отдельно взятым элементом цифровой экосистемы, включающим совокупность упорядоченных цифровых данных, интегрированных в единую информационную систему, предназначенную для эффективного и рационального взаимодействия заинтересованных субъектов [5, 6].

В свою очередь, согласно руководству по цифровой трансформации производственных предприятий «Сколково», под цифровой платформой понимается «совокупность цифровых данных, моделей и инструментов, информационно и технологически интегрированных в единую автоматизированную функциональную систему, предназначенную для квалифицированного управления целевой предметной областью с организацией взаимодействия заинтересованных

⁵ Jacobides M., Lang N., Szczepanski K. What Does a Successful Digital Ecosystem Look Like? — URL: <https://www.bcg.com/en-gb/publications/2019/what-does-successful-digital-ecosystem-look-like> (accessed: 27/06/2024).

субъектов»⁶. Иную трактовку цифровых платформ можно встретить в программе развития цифровой экономики Российской Федерации, где цифровая платформа определяется как⁷:

1) модель деятельности заинтересованных лиц на общей платформе для функционирования на цифровых рынках;

2) площадка, поддерживающая комплекс автоматизированных процессов и модельное потребление цифровых продуктов (услуг) значительным количеством потребителей;

3) информационная система, ставшая одним из лидирующих решений в своей технологической нише, в частности транзакционной, интеграционной.

Таким образом, основываясь на представленных определениях, следует заключить, что цифровая платформа, как сложная информационная среда, представляет собой цифровое пространство, обеспечивающее эффективную интеграцию и кооперацию основных ее элементов благодаря бесшовным технологиям, предназначенным для сбора, обработки и трансфера знаний. При этом основными элементами цифровых платформ становятся:

1) инфраструктура цифровой платформы, выступающей в качестве архитектуры с ее многообразием программно-технических средств для сбора, хранения, обработки и передачи информации;

2) коммуникационные каналы, предназначенные для трансфера информации и координации элементов цифровой платформы (то есть ее участников);

3) организационный компонент, регулирующий деятельность участников платформы;

4) совокупность пользователей.

Иллюстрация взаимодействия основных элементов цифровой платформы представлена на рисунке 1.

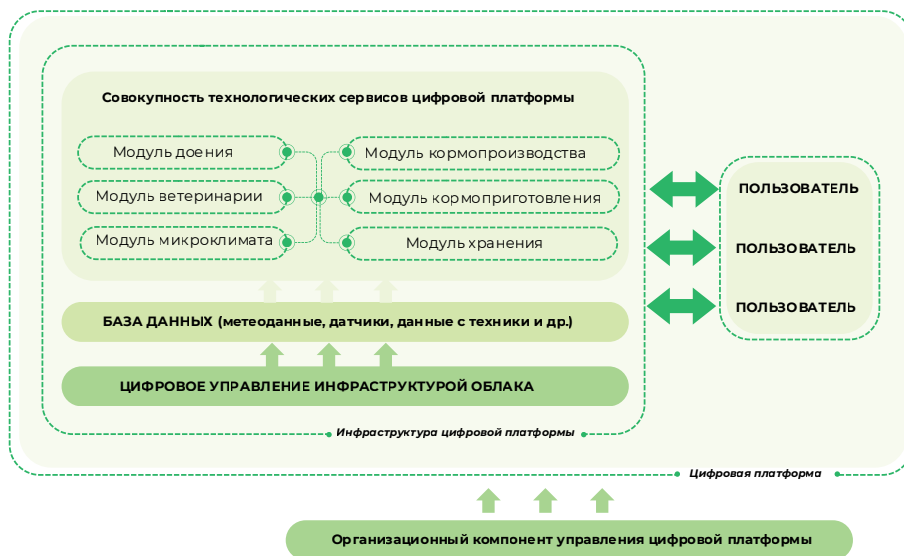
На сегодняшний день в Российской Федерации цифровые платформы в АПК представляют локальные AgTech-проекты (Lot-программы), направленные на решение узких задач. Согласно мнению экспертов, через 10 лет при прочих равных условиях более 80% российских сельскохозяйственных предприятий будут использовать в производственных процессах digital-решения ввиду ключевого преимущества — снижения и минимизации фактора неопределенности при планировании и управлении производственными процессами⁸.

Несмотря на актуальность и полезность цифровых платформ, большинство решений на отечественном рынке AgTech не поддаются интеграции между собой, а также интеграции с государственными системами, что создает дополнительные сложности в сопряжении и координации систем управления бизнес-процессами. Кроме того, подобные решения исключают модель стратегического партнерства между органами государственной власти, бизнеса и НИОКР, что влечет за собой использование «простых», локальных решений на местах, а не комплексный подход к управлению.

При рассмотрении термина «цифровая экосистема» важно отметить его отождествление с биологическими системами, то есть совокупность взаимодействующих организмов, помещенных в

среду обитания. Впервые эту концепцию применил в научной литературе J.F. Moore в своей статье «Хищники и жертвы. Новая экология конкуренции». Дж. Мур определил «бизнес-экосистему» как устойчивое экономическое сообщество, включающее различных взаимосвязанных участников рынка. Важной особенностью бизнес-экосистем является интеграция ресурсов участников с целью совместной разработки и коммерциализации инновационных технологий, что делает

Рис. 1. Модель цифровой платформы на примере животноводства «Умная ферма»
Fig. 1. A digital platform model based on the example of animal husbandry «Smart Farm»



⁶ Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии», Московская школа управления «Сколково», Autodesk. Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий. — URL: http://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizatsii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf (дата обращения: 27.06.2024).

⁷ Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президентом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 № 7). — URL: <https://spa.msu.ru/wp-content/uploads/4-1.pdf>

⁸ Никиточкин М. Цифровизация АПК. Модный хайп или реальный бизнес-инструмент для отрасли. Агроинвестор. 2020. — URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/33646-tsifrovizatsiya-apk-modnyy-khayp-ili-realnyy-biznes-instrument-dlya-otrasli/> (дата обращения: 29.06.2024).

их схожими с инновационными кластерами. Позднее M. Iansiti и R. Levien, установив аналогию в развитии биологических и экономических систем, использовали этот термин для описания взаимозависимостей субъектов в экономике [25].

При проведении анализа трудов О.В. Агафонов [23], В.И. Меденникова [5, 6], Д.А. Коробейникова [24] и Е.А. Федулова [22], посвященных исследуемой проблематике и концептуальному осмыслению и описанию цифровых экосистем, был выявлен системный подход к определению вышеуказанного термина. Так, цифровая экосистема есть сверхсложная информационная среда, состоящая из элементов, взаимодействующих и взаимосвязанных друг с другом. При этом под элементом понимается не отдельно взятая цифровая платформа, а связи — каналы трансфера информации и знаний.

Особое внимание в системном подходе отведено строению цифровой экосистемы. В частности, в трудах Ю.М. Акаткиной представлена концептуальная архитектура цифровой экосистемы отрасли, включающая в себя следующие компоненты [21]:

- 1) семантическое ядро, выступающее в качестве информационной базы о предметной области (в том числе классификаторы, стандарты, способы взаимодействия);
- 2) технологическую инфраструктуру, обеспечивающую бесперебойное функционирование цифровой экосистемы;
- 3) пользовательские и прикладные сервисы, выступающие в качестве цифровых платформ;
- 4) персонализированные приборы и устройства интернета вещей.

Другая архитектурная модель цифровой экосистемы представлена Г.Б. Клейнером [18], который рассматривал цифровую экосистему в качестве пирамиды компонент. В частности:

- 1) организационный — объектная подсистема в виде кластерного объединения взаимосвязанных акторов, реализующих отдельные бизнес-процессы в составе экосистемы;
- 2) инфраструктурный — подсистема среды, выступающая в качестве цифровой технологической платформы, на которой доступны услуги участников;
- 3) коммуникационно-логистический — процессная подсистема в виде сети, поддерживаемой ИИТ-интегратором (финтехкомпанией), как устойчивая структура взаимодействия членов экосистемы;
- 4) инновационный — проектная подсистема в виде бизнес-инкубатора как совокупность инновационных инициатив и акселерационных программ для поиска стартапов, проектов и идей.

На основе проведенного методологического анализа по предметной идентификации терминов «цифровая платформа» и «цифровая экосистема» авторы исследования делают следующее заключение. Необходимость в теоретическом разграничении терминов «цифровая экосистема» и «цифровая платформа» обусловлена отсутствием четкого представления о сущности и об инструментарии рассматриваемых понятий, что зачастую влечет за собой стирание границ при реализации двух продуктов на практике.

Так, ключевое различие между цифровой платформой и цифровой экосистемой заключается в степени координации и в составе предоставляемых услуг. Для первого характерен уникальный набор сервисов и коммуникационных каналов, в то время как для второго — интеграция и координация субъектов в единой информационной среде, предоставляющей возможность комплексного использования перечня AgTech-решений.

В рамках исследуемой отрасли под цифровой экосистемой АПК подразумевается сверхсложная цифровая среда, характеризующаяся отраслевым многообразием, из чего следует сложность коммуникационной сети и каналов взаимодействия участников рынка.

В целях дальнейшей разработки и эффективной имплементации цифровой экосистемы АПК предоставляется необходимым проведение оценки текущего состояния цифровизации АПК, что позволит оценить реальную готовность отрасли к внедрению такого комплексного управленческого решения.

Анализ текущего состояния цифровизации АПК России

По сравнению с другими отраслями экономики агросектор встал на путь активного внедрения цифровых технологий сравнительно недавно (после мировой пандемии COVID-19), что во многом обусловлено модификацией бизнес-модели и ее дальнейшим переносом в онлайн-среду. Особенно данный фактор затронул сбытовые и производственные бизнес-процессы. Так, если в 2020 году доля сельскохозяйственных организаций, осуществляющих продажи через интернет-сервисы, составляла 9,2%⁹, то к 2022 году этот показатель увеличился до 28,9%, или в 3,1 раза, а вклад ИКТ в развитие сельского хозяйства увеличился с 3,5% в 2018 году до 4,3% в 2022 году¹⁰.

Если сравнивать с зарубежными странами, показатель внедрения AgTech-проектов в России существенно мал. Согласно экспертным оценкам Н. Каныгиной из Института комплексных стратегических исследований, около 10% отечественных хозяйств внедряют цифровые решения, в то

⁹ Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О. и др. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Цифровая экономика — 2023: краткий статистический сборник. 2023; 120. ISBN 978-5-7598-2744-3

¹⁰ Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. и др. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Цифровая экономика — 2020: краткий статистический сборник. 2020; 112. ISBN 978-5-7598-2148-9

время как в США и европейских странах аналогичный показатель составляет 60–80%¹¹.

С учетом сложившихся реалий и достигнутых результатов рассматриваемый период цифровизации АПК можно охарактеризовать как «переходный», что подтверждается динамикой показателей (табл. 1).

Первая группа показателей представлена цифровыми решениями, направленными на оптимизацию сельскохозяйственных бизнес-процессов. Как видно из таблицы 1, цифровые инструменты пользуются высоким спросом и актуальностью среди производителей (доля организаций, использующих «цифру», за последние три года увеличилась в среднем на 11,5 п. п.).

Данная динамика объясняется влиянием комплекса факторов, ключевым из которых является эффект низкой базы, то есть фактическое неиспользование «цифры» сельхозпредприятиями. Среди других факторов, не менее значимых и влияющих на агробизнес, выделяются естественная реакция агробизнеса на изменение рынка и продемонстрированная эффективность инструментов цифровизации бизнес-процессов в целом.

Естественная реакция сельскохозяйственных организаций на изменение рынка представлена совокупностью трендов, влияющих и определяющих дальнейший формат взаимодействия бизнес-структур с потребителями, государством, банковскими системами и иными участниками. Например, переход агробизнеса на осуществление финансовых расчетов в электронном виде обусловлен стремительным развитием рынка платежных систем (интернет-эквайринг, платежные агрегаторы, способы оплаты и пр.) и, как следствие, динамичным ростом доли безналичных операций (с 2019 по 2023 г. доля безналичных платежей по оплате товаров и услуг возросла с 64,7 до 83,4%, в то время как показатель, отражающий платежи наличными средствами, сократился с 35,3 до 16,6%), что в результате определяет способ расчета отечественного агробизнеса¹³.

Другим примером является положительная динамика показателей «управление продажами товаров, работ и услуг» и «управление закупками товаров, работ и услуг», что обусловлено переходом и использованием интернет-платформ. Вместе с вышеперечисленными показателями возрастает роль обеспечения информационной безопасности.

Продemonстрированная эффективность внедряемых цифровых инструментов во многом определяется оптимизацией затратных статей и увеличением производительности предприятия в целом. Так, внедрение системы электронного

Таблица 1. Показатели динамики внедрения цифровых решений в АПК

Table 1. Indicators of the dynamics of implementation of digital solutions in the agricultural sector

Наименование показателя	Год		
	2020	2021	2022
<i>Использование специальных программных средств в бизнес-процессах сельскохозяйственных организаций, %¹², в том числе:</i>			
система электронного документооборота	40,1	49,7	52,0
осуществление финансовых расчетов в электронном виде	31,6	39,1	44,8
обеспечение информационной безопасности	...*	26,1	36,1
управление закупками товаров, работ и услуг	...	16,4	26,9
предоставление доступа к базам данных через глобальные информационные сети	12,8	17	26,2
управление продажами товаров, работ и услуг	...	11,0	22,6
обучающие программы	6,3	8,9	21,4
управление складскими помещениями	...	12,9	23,6
в рамках использования ERM-систем	...	6,7	16,9
в рамках использования CRM-систем	...	4,2	14,8
в рамках использования HRIS-систем	...	2,2	15,7
проектирование и моделирование	...	3,9	13,8
в рамках управления автоматизированным производством	...	7,6	17,1
<i>Использование цифровых технологий в сельскохозяйственных организациях, %, в том числе:</i>			
сбор, обработка и анализ больших данных	17,2	23,3	23,7
использование облачных сервисов	17,8	21,5	25,5
использование цифровых платформ	10,2	9,8	9,1
использование геоинформационных систем	14,1	16,1	15,6
использование технологий искусственного интеллекта	2,2	2,9	4,7
использование RFID-технологий	8,1	10,1	9,4
использование промышленных роботов и автоматизированных линий	4,1	5,3	4,8
использование цифровых двойников	...	...	1
использование аддитивных технологий	...	...	0,8

Примечание: * отсутствие данных или незначительная величина показателя.

документооборота на сельскохозяйственных предприятиях позволяет сократить финансовые затраты на обработку, печать, хранение и доставку документов до 80%¹⁴.

Кроме того, данный инструмент обладает дополнительными преимуществами, в частности увеличением скорости расчетов и обработки данных в необходимых разрезах и с любой детализацией; сокращением временных затрат на обработку и составление отчетностей; удобством хранения документов, снижением риска порчи, удобством взаимодействия с внешними структурами (банками, страховыми компаниями, налоговыми службами и т. д.).

Другим примером является внедрение программных средств в рамках автоматизированного

¹¹ Цифровизация как неизбежность: какие digital-решения использует агросектор. Информационное агентство «Зерно Онлайн». 2021. — URL: <https://www.zol.ru/n/34604> (дата обращения: 28.06.2024).

¹² В процентах от общего числа сельскохозяйственных организаций.

¹³ Итоги работы Банка России. 2023. Официальный сайт Центрального банка России. — URL: https://cbr.ru/about_br/publ/results_work/2023/razvitie-sistemy-platezhey-i-raschetov/ (дата обращения: 27.06.2024).

¹⁴ Система электронного документооборота в АПК. Аграрный бизнес-журнал «Моя Сибирь». — URL: <https://mysibir.ru/sistema-elektronnoy-dokumentoborota-v-apk/> (дата обращения: 27.06.2024).

управления производством. В данном случае авторы исследования акцентируют внимание на комплексных платформах, позволяющих проводить оперативный учет и контроль сельскохозяйственных ресурсов, оптимизировать логистические процессы, системы управления запасами и складскими помещениями, анализировать финансовые результаты, контролировать качество продукции¹⁵.

Подобные внедряемые инструменты требуют высокой цифровой грамотности персонала, в связи с чем можно наблюдать тенденцию к росту обучающих программ (рост за три года составил 15,1 п. п.).

Анализируя использование цифровых технологий в сельскохозяйственных организациях, следует отметить колебания показателей с 2020 по 2022 год. Низкие темпы и сокращение числа предприятий, внедряющих «цифру», во многом можно объяснить влияющими на фермеров макроэкономическими потрясениями, усугубляющими «болевые точки» фермеров. Данный тезис в большинстве случаев касается недостаточного уровня цифровой компетенции персонала.

Согласно данным статистического сборника, доля занятых в профессиях, связанных с интенсивным использованием информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве, составляет 0,2% в 2022 году, что является существенно низким показателем, в отличие от других отраслей (рассматриваемое значение в 60 раз меньше, чем в США).

Во многом данный фактор объясняется недостаточно эффективным диалогом между бизнес-структурами и образовательными учреждениями (высшее образование не ориентировано на подготовку востребованных рынком специалистов¹⁶). Так, если сравнивать 10-летнее развитие США и России, то американскими учреждениями были подготовлены свыше 2000 специалистов в области аграрной генетики, селекции и репродуктивных технологий, в то время как в России обучение по таким специальностям носит локальный характер¹⁷.

Другой проблемой выступает недостаточный уровень технического оснащения, являющегося базисом цифровизации [26]. Данный фактор касается целого перечня используемых программных средств.

Одно из технологических ограничений — недостаточное покрытие территории сетевым интернет-соединением, а также низкая доступность

скоростного широкополосного интернета. Так, в 2022 г. доля сельскохозяйственных организаций, имеющих скоростной доступ, составляла 7,3%, что в рамках цифровизации отрасли является недостаточным показателем (например, для розничной торговли данный показатель составляет 28,7%, для высшего образования — 33,9%).

Кроме того, ключевым барьером к цифровизации выступает использование отечественными компаниями импортного софта цифровых AgTech-решений, во многом ограничивающих возможности цифровизации¹⁸. По мнению экспертов, достигнутые результаты аграриев во многом обусловлены использованием западных технологий. Иными барьерами выступают подорожание средств производства, нарушение цепочек поставок, политические препятствия, что в совокупности ведет к замедлению внедрения инновационных технологий¹⁹.

Небольшая доля в использовании сельскохозяйственными предприятиями цифровых решений во многом обусловлена их высокой стоимостью. Так, на текущий момент времени комплексные решения внедряются в большинстве рассмотренных случаев крупными агрохолдингами, на долю которых приходится лишь 20% производства зерновых ресурсов. Наибольший удельный вес составляет малое и среднее предпринимательство, испытывающее нехватку финансов в рамках внедрения и дальнейшего развития автоматизированных и цифровизированных производственных процессов. В связи с этим на первый план встает вопрос о разработке эффективных мер государственной поддержки аграрного МСП.

Не менее значимой проблемой является недостаточно эффективный диалог с наукой. Согласно данным исследования «Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России», свыше 82% экспертов выделили данный барьер как ключевой [14]. Наряду с вышеуказанной проблемой существует острая необходимость в предоставлении консультационных услуг, формировании открытого и доступного информационного поля с бесплатными аналитическими данными для малого и среднего предпринимательства (далее — МСП) в целях принятия обоснованных управленческих решений о продажах, посеве и по иным бизнес-процессам.

Для решения вышеуказанного комплекса кадровых, технологических, финансовых и иных проблем Министерством сельского хозяйства РФ была предложена инициатива по разработке

¹⁵ Автоматизация в агропромышленном комплексе на платформе 1С:Предприятие 8. AlexRovich: автоматизация бизнес-решений. — URL: <https://alexrovich.ru/info/articles/avtomatizatsiya-v-agropromyshlennom-komplekse-na-platforme-1s-predpriyatie-8/> (дата обращения: 27.06.2024).

¹⁶ Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О. и др. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Цифровая экономика — 2023: краткий статистический сборник. 2023; 120. ISBN 978-5-7598-2744-3

¹⁷ Аналитики заявили об исчерпании легких возможностей для роста АПК: как цифровизация и единый анонимный банк данных помогут развитию сельского хозяйства. РБК. 2023. — URL: <https://www.rbc.ru/business/23/08/2023/64e4abc19a794712f4550def> (дата обращения: 27.06.2024).

¹⁸ Рипинская Н. Смогут ли аграрии уйти от зарубежного программного обеспечения. RGRU. 2022. — URL: <https://rg.ru/2022/04/05/reg-cfo/smogut-li-agrarii-ujti-ot-zarubezhnogo-programmnogo-obespecheniya.html> (дата обращения: 28.06.2024).

¹⁹ Аналитики заявили об исчерпании легких возможностей для роста АПК: как цифровизация и единый анонимный банк данных помогут развитию сельского хозяйства. РБК. 2023. — URL: <https://www.rbc.ru/business/23/08/2023/64e4abc19a794712f4550def> (дата обращения: 27.06.2024).

единой информационной цифровой экосистемы, функционирующей на отечественном программном обеспечении. Концептуальная сущность цифровой экосистемы — повышение эффективности в кооперации и коммуникации ключевых участников агропромышленного комплекса: государства, бизнес-структур, покупателей, контрагентов и иных субъектов, участвующих в цепочке создания ценности сельскохозяйственной продукции.

Согласно оценке Института стратегических исследований и экономики знаний ВШЭ, подобное решение способно обеспечить дополнительный рост производительности труда в АПК на 15,6% к 2030 г., во многом решив «болевы точки» МСП²⁰.

Основываясь на проведенном анализе, авторы исследования делают следующие выводы. На текущий момент времени процесс цифровизации АПК характеризуется как «переходный период», во многом обусловленный изменениями рынка. Внедрение цифровых решений носит более «догоняющий» и «перенимающий» характер, что обусловлено продемонстрированной эффективностью цифровых решений. Однако большинство из внедряемых и используемых AgTech-проектов используются на практике крупными агрохолдингами. При этом МСП испытывают кадровые, технологические и финансовые барьеры, что усложняет внедрение цифровых решений. В связи с этим роль государства определяется как ключевая в рамках поддержки (в том числе финансовой), обеспечения трансфера информации и координации основных участников.

Одной из инициатив по развитию цифровизации выступило предложение Министерства сельского хозяйства РФ по созданию цифровой платформы. Основываясь на выявленных «болевых точках» и проанализированном текущем положении цифровизации АПК, авторы исследования предлагают следующую модель цифровой экосистемы.

Модель цифровой экосистемы агропромышленного комплекса

В данном разделе авторы предлагают концепцию цифровой экосистемы АПК страны. Важно акцентировать внимание на том, что предлагаемая модель ЦЭ учитывает опыт реализации существующих AgTech-проектов (цифровых платформ) и сочетает в себе передовые цифровые решения для получения большего синергетического эффекта от реализации экономической деятельности отраслей и предприятий АПК. Так, целью цифровой экосистемы АПК становится повышение конкурентоспособности производителей сельскохозяйственной продукции посредством обеспечения эффективной интеграции цифровых решений, а также кооперации ключевых участников

на платформах (в том числе на субплатформах), объединенных единой информационной средой.

Цифровая экосистема АПК представлена четырьмя основными контурами цифровой экосистемы, которые находятся в тесной взаимосвязи с основными звеньями АПК: государственный контур, научно-исследовательский контур, бизнес-структуры и контур контрагентов. Предлагаемая модель цифровой экосистемы и взаимосвязь ее основных контуров представлены на рисунке 2.

Каждый из рассматриваемых контуров имеет свою роль в организации и дальнейшем функционировании цифровой экосистемы.

Государственный контур представлен Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, региональными министерствами и подведомственными организациям и департаментами, Федеральной службой государственной статистики, Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии, а также иными региональными и муниципальными органами, осуществляющими свою деятельность в рамках управления АПК.

Ключевая роль государственного контура заключается в обеспечении регулятивной, контрольной и координационной функций, в частности:

- 1) разработка стратегий научно-технического развития, определение ключевых векторов аграрной политики;
- 2) реализация комплекса мер по поддержке сельскохозяйственных производителей и других участников;
- 3) обеспечение транспарентности информации и эффективное ее доведение до ключевых участников;
- 4) осуществление содействия в координации основных участников цифровой экосистемы;
- 5) осуществление контроля за деятельностью участников (налогового, правового и пр.);
- 6) сбор и обработка стратегического актива (данные о рынке и его участниках).

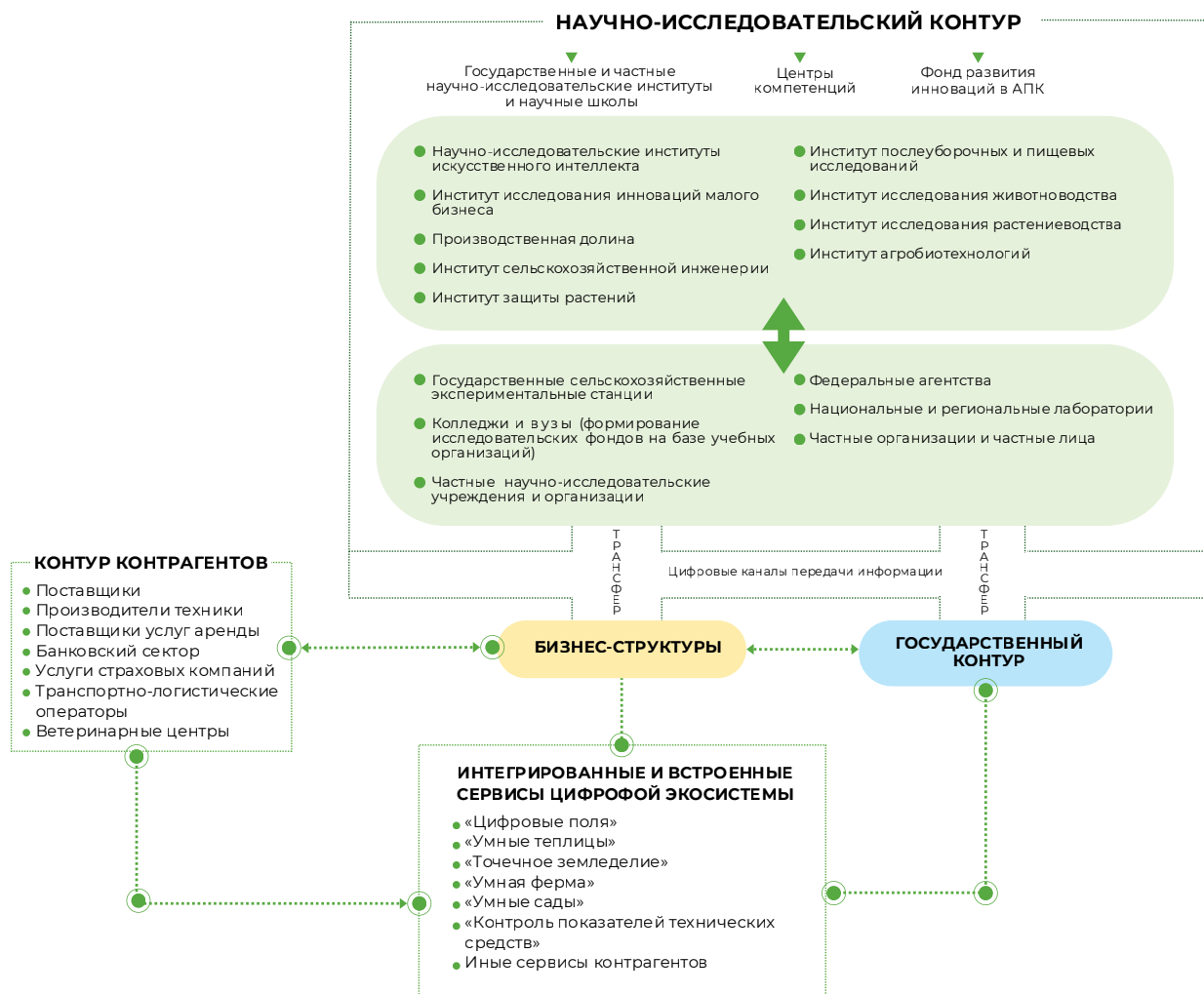
Научно-исследовательский контур определен в качестве технопарка инновационных разработок и состоит из научно-исследовательских центров, площадок формата «акселератор» и «инкубатор», а также учреждений высшего и среднего профессионального образования.

В глобальном понимании технопарк выполняет два функциональных процесса, где первый заключается в аккумулировании и транслировании научной базы знаний о разработках и технологиях, применяемых в агропромышленном комплексе, а второй — в разработке агропромышленных решений (и дальнейшей их коммерциализации в ходе сотрудничества с бизнес-структурами) по следующим направлениям:

- 1) Роботизация и автоматизированная техника в части БПЛА, беспилотная тяжелая техника,

²⁰ Одна за всех: Минсельхоз создаст единую цифровую платформу АПК. Агроинвестор. 2024. — URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/42084-odna-za-vsekh-minselkhoz-sozdast-edinuyu-tsifrovuyu-platformu-apk/> (дата обращения: 28.06.2024).

Рис. 2. Модель предлагаемой цифровой экосистемы
Fig. 2. Model of the proposed digital ecosystem of the agricultural sector



дистанционное зондирование, роботизированная техника и др.

2) Интеграция цифровых решений и систем, в том числе систем Lot-решений, AI-инструментов, системы ГЛОНАСС и GPS-мониторинга, трекинг-контроля, аналитических инструментов BIG DATA и др.

3) Разработка новых систем животноводства и растениеводства, в частности по направлениям: точечное земледелие; цифровые поля и цифровые двойники; умные сельскохозяйственные системы (фермы, теплицы, сады, вертикальные и контейнерные фермы и др.).

4) Пищевая промышленность, в том числе биотехнологическая и биосинтетическая мясная продукция, инструменты киберинформатики для производства продуктов питания, цифровые решения для переработки и логистики, альтернативные технологии получения пищевых и кормовых продуктов и т. д.

5) Агробитехнологии, в частности развитие направлений синтетической биологии, биотехнологий, эпигенетики, нанотехнологий, генетики и селекции, конструирования микробов, биотехнологии защиты растений, создания новых видов производящих живых систем и пр.

6) Иные AgTech-решения.

Центральным элементом цифровой экосистемы АПК выступают бизнес-структуры. Ключевой задачей при формировании программно-технологического обеспечения выступает интеграция AgTech-решений с функционалом платформы. Своего рода цифровая экосистема является единым информационным пространством, который открывает для бизнес-структур возможности использования и комбинирования цифровых решений.

В рамках рассмотрения ЦЭ и основных звеньев АПК учитывается взаимодействие бизнес-структур с контрагентами на каждом из этапов создания стоимости сельскохозяйственной продукции — от производства до ее конечной продажи. При этом под контрагентами авторы исследования понимают совокупность организаций, обеспечивающих эффективное функционирование сельскохозяйственных предприятий в области растениеводства и животноводства. К таким контрагентам относятся:

1) группа поставщиков ресурсов (минерально-сырьевого удобрения, техники и иных материальных ресурсов);

2) банковский сектор и страховые услуги;

3) логистические структуры;
4) центры сбытовой структуры предприятия (система складских помещений, оптово-розничная сеть и др.);

5) ветеринарные центры и др.

Таким образом, периметр цифровой экосистемы охватывает всю цепочку создания ценности и участников трех звеньев АПК, а также формирует дополнительную среду для упрощенного взаимодействия в рамках финансирования, исследовательских проектов контроля и регулирования.

В рамках рассматриваемой модели внедрение цифровой экосистемы несет в себе мультипликативный эффект по повышению эффективности российского агросектора, в частности наращивание производственных мощностей, рост индекса производства сельскохозяйственной продукции, развитие инноваций и технологических решений, развитие неурбанизированных территорий и инфраструктуры на местах для внедрения AgTech-проектов, прирост инвестиций в регион и, как следствие, открытости системы и возможности коммерциализировать разработанный продукт.

Выделяя ключевые преимущества для каждого из участников взаимодействия ЦЭ АПК, следует отметить следующее. Так, для региональных органов государственной власти внедрение цифровой экосистемы позволит:

1) создать эффективный механизм развития сельского хозяйства и смежных отраслей, поддерживающих АПК;

2) выйти на новый уровень цифрового управления отрасли в рамках формирования базы данных и ее аналитики, развития автоматизированных государственных сервисов для производителей сельскохозяйственной продукции и иных организаций в смежных отраслях;

3) разрабатывать эффективные меры поддержки на основе открытых данных о текущей ситуации, своевременно реагировать на внешние факторы воздействия на агросектор;

4) проводить анализ на предмет эффективности разработанных мероприятий по поддержке производителей;

5) увеличить поступления в бюджеты на местном и региональном уровне за счет доступности и открытости экосистемы для смежных отраслей.

В свою очередь, ключевым преимуществом внедряемой цифровой экосистемы для научно-исследовательских центров и образовательных учреждений становится коммерциализация разрабатываемых Ag-Tech-решений в рамках взаимодействия науки и бизнес-структур, то есть доведение прототипа продукта до промышленного образца.

Создание субплатформы формата «акселератор» и «инкубатор» позволит организовать эффективный диалог в рамках оказания консалтинговых услуг, разработки и формирования программ по обучению и повышению квалификации кадров в соответствии с практическими запросами

бизнес-структур и актуальными рыночными направлениями и трендами развития АПК.

Рассматривая преимущества и выгоды использования цифровой экосистемы бизнес-структурами сельского хозяйства, авторы исследования выделяют:

1) Получение упрощенного и универсального доступа к интегрированным цифровым решениям по управлению цифровой фермой в рамках оптимизации производственной деятельности.

2) Получение свободного доступа к базе данных исследований и разработок по применению различных AgTech-решений в целях оптимизации производственного процесса.

3) Формирование упрощенной модели взаимодействия бизнес-структур с государством и его сервисами, в особенности в рамках составления отчетности, уплаты налоговых отчислений, получения поддержки и пр.

4) Формирование упрощенной модели взаимодействия бизнес-структур с банковским сектором, страховыми и лизинговыми компаниями как контрагентами.

5) Получение доступа к рынкам сбыта, а также к рынкам смежных отраслей, поддерживающих отрасль сельского хозяйства (логистическим компаниям, производителям сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, организациям по обработке сельскохозяйственного сырья и др.).

6) Организация открытого диалога с образовательными учреждениями и научными центрами в рамках разработки и дальнейшего внедрения программ и проектов по оптимизации и рационализации использования материальных и трудовых ресурсов.

Выделяя преимущества использования цифровой экосистемы агросектора для контрагентов, необходимо рассмотреть следующие положения:

1) для банковского сектора, страховых и лизинговых компаний — формирование целевых предложений, снижение стоимости риска за счет повышения прозрачности заемщиков, повышение доступности кредитов и иных услуг, что приведет к росту кредитных портфелей и повышению прибыльности банков;

2) для иных контрагентов, поддерживающих развитие агросектора посредством снабжения материально-сырьевыми ресурсами, — сокращение времени на поиск и анализ сельскохозяйственных производителей, формирование прямых продаж, эффективное управление заказами.

Предлагаемая авторами исследования модель цифровой экосистемы АПК позволит повысить конкурентоспособность производителей сельскохозяйственной продукции субъекта, увеличить рентабельность и маржинальность предприятий, производительность труда, а также оптимально и рационально использовать имеющиеся у фермеров ресурсы.

За счет интеграции AgTech-решений, прозрачности информации, реализации принципа комплементарности и свободного доступа к рынкам и участникам АПК разрабатываемая модель снизит потери сельскохозяйственных организаций на каждом из этапов производства, распределения и обмена продукции. В связи с этим модель ЦЭ АПК позволяет решить целый комплекс существующих проблем:

- отсутствие универсальной модели цифрового управления фермой, сочетающее в себе интегрированные AgTech-решения, что во многом усложняет процесс использования цифровых инструментов на практике;
- отсутствие свободного доступа к базе данных исследований и разработок;
- отсутствие эффективного диалога бизнес-структур с наукой, что во многом усложняет доведение разработанного продукта до промышленного образца;
- острая необходимость в кооперации бизнес-структур с образовательными учреждениями в рамках подготовки квалифицированных кадров для работы в сельском хозяйстве в соответствии с практическими запросами и тенденциями развития АПК;
- усложненный формат взаимодействия с государством, в особенности в регионах, где присутствует бумажный документооборот (в том числе налоговые отчисления, формирование отчетности и пр.);
- усложненный и во многом затрудненный доступ к финансированию и страхованию;
- недостаточная и во многом искаженная и (или) закрытая информация о статистических данных.

Представляется, что предлагаемая архитектура, состав участников и механизм их взаимодействия способны вывести агросектор Российской Федерации кардинально на новый уровень производства за счет интегрированных цифровых платформ, прозрачности информации и реализации принципа комплементарности, что позволит оптимизировать производственные, логистические, сбытовые и иные бизнес-процессы предприятий, открыть новые возможности в рамках муниципального и регионального сотрудничества.

Предложенная модель базируется и направлена на повышение стратегического взаимодействия органов государственной власти на региональном и муниципальном уровне, научно-исследовательских центров и образовательных учреждений, производителей растениеводства и животноводства, иных организаций в смежных отраслях, выполняющих функцию поддержания агросектора.

Выводы/Conclusions

Сформированные предпосылки к цифровизации АПК и продемонстрированная эффективность AgTech-решений определили необходимость в

создании единого инструмента по управлению АПК страны — цифровой экосистемы, координирующей взаимодействие ключевых игроков отрасли.

Для разработки и дальнейшей имплементации единого механизма координации цифрового пространства АПК, состоящего из множества взаимосвязей и цифровых решений, авторами исследования были определены ключевые теоретико-методологические положения «цифровая экосистема», его структурные компоненты и отличия от теоретического двойника «цифровая платформа».

В рамках определения степени приемлемости внедряемого цифрового инструмента был проведен анализ текущего положения цифровизации предприятий и отраслей АПК.

По результатам исследования авторами установлено: в текущих условиях рассматриваемый период можно характеризовать как «переходный», что подтверждается ускоренным ростом внедрения цифровых решений в операционные бизнес-процессы производителей. При этом, сравнивая с другими отраслями экономики, процессу цифровизации АПК характерны низкие значения показателей в рамках внедрения AgTech-решений, что во многом обусловлено сформированными финансовыми, технологическими, кадровыми и иными барьерами.

Определенный перечень барьеров цифровой трансформации в большей степени влияет на МСП, составляющее значительную долю от всех организаций в АПК. В связи с этим разработанная модель направлена в первую очередь на поддержку, координацию, интеграцию МСП в единое информационное поле как ключевого и наиболее многочисленного участника сельскохозяйственного рынка.

С учетом проведенного теоретического анализа и анализа цифровизации АПК авторы исследования предложили модель цифровой экосистемы, которая направлена на преодоление существующих барьеров и повышение эффективности сельскохозяйственных предприятий с акцентом на МСП. Разработанная модель состоит из четырех основных контуров — государственного, научно-исследовательского, контура бизнес-структур и контрагентов, поддерживающих и обеспечивающих сельское хозяйство необходимыми инструментами в производстве.

Кооперация вышеперечисленных контуров позволит достичь максимального синергетического и экономического эффекта в рамках повышения эффективности отечественного агросектора посредством интеграции существующих цифровых решений, свободного доступа к исследовательским базам данных, коммерциализации разрабатываемых НИИ инноваций, обеспечения прозрачности и прозрачности информации, а также свободного доступа участников платформы к предложениям на рынке.

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

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

FUNDING

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian Federation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Напольских Д.Л. Цифровые платформы и цифровые экосистемы: экономическая сущность и перспективы интеграции с инновационными кластерами. *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление*. 2023; (4): 5–14. <https://www.elibrary.ru/cewcew>
2. Воронин Б.А., Воронина Я.В., Чупина И.П., Чупин Ю.Н., Митин А.Н. Агропромышленный комплекс России как единая система отраслей народного хозяйства. *Аграрное образование и наука*. 2018; (2): 14. <https://www.elibrary.ru/uvmiyo>
3. Мусаев М.М. Пути повышения эффективности функционирования отраслей и предприятий АПК. *Деловой вестник предпринимателя*. 2020; (2): 73–75. <https://www.elibrary.ru/fvowje>
4. Гриднева А.О. Межотраслевые комплексы: понятие и виды. История межотраслевых комплексов. *Вестник науки*. 2024; (5–1): 35–41. <https://www.elibrary.ru/vqsrtq>
5. Меденников В.И. Системный анализ цифровых экосистем производственных отраслей на примере АПК. *Цифровая экономика*. 2021; (3): 34–51. <https://doi.org/10.34706/DE-2021-03-02>
6. Меденников В.И. Цифровая экосистема АПК: научный подход. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022; (2): 116–119. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_2_116
7. Добрынин В.А. Три главных направления выхода АПК из катастрофы. *АПК: экономика, управление*. 2001; (5): 18–24.
8. Иванов Г.И. Экономическая сущность и понятийный аппарат эффективности агропромышленного комплекса. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Экономика и управление*. 2018; 4(2): 34–42. <https://www.elibrary.ru/yimrczn>
9. Алтухов А.И., Силаева Л.П. Приоритет сельского хозяйства должен быть не разовым, а стратегией его развития. *Инновационное развитие АПК: Экономические проблемы и перспективы. Материалы XV Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию экономического факультета Кубанского ГАУ. Краснодар: КубГАУ*. 2020; 6–22. <https://www.elibrary.ru/pjotxd>
10. Галибин И.Г. Цифровые инновации в контексте устойчивого развития АПК региона. *Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности*. 2023; 12: 19–25. <https://www.elibrary.ru/txmsap>
11. Крылатых Э.Н., Проценко О.Д., Дудин М.Н. Актуальные вопросы обеспечения продовольственной безопасности России в условиях глобальной цифровизации. *Продовольственная политика и безопасность*. 2020; 7(1): 19–38. <https://www.elibrary.ru/vjvedz>
12. Ким В.В., Галактионова Е.А., Антоневиц К.В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ. *International agricultural journal*. 2020; 63(4): 1. <https://www.elibrary.ru/eefffc>
13. Тарасов В.И., Ершов В.В., Абрашкина Е.Д. Цифровая трансформация АПК: проблемы и перспективы. *Экономика сельского хозяйства России*. 2020; (7): 24–26. <https://doi.org/10.32651/207-24>
14. Гётц М., Янковска Б. Индустрия 4.0 как фактор конкурентоспособности компаний в условиях постпереходной экономики. *Форсайт*. 2020; 14(4): 61–78. <https://www.elibrary.ru/bedift>

REFERENCES

1. Napolskikh D.L. Digital platforms and digital ecosystems: economic essence and prospects of integration with innovation clusters. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Economics and management*. 2023; (4): 5–14 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/cewcew>
2. Voronin B.A., Voronina Ya.V., Chupina I.P., Chupin Yu.N., Mitin A.N. Agro-industrial complex of Russia as a system of sectors of the economy. *Agrarian education and science*. 2018; (2): 14 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uvmiyo>
3. Musaev M.M. Ways to improve the efficiency of functioning of industries and enterprises of the agro-industrial complex. *Delovoy vestnik predprinimatel'ya*. 2020; (2): 73–75 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fvowje>
4. Gridneva A.O. Intersectoral complexes: concept and types. History of intersectoral complexes. *Vestnik nauki*. 2024; (5–1): 35–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vqsrtq>
5. Medennikov V.I. System analysis of digital ecosystems of manufacturing industries using the example of the agro-industrial complex. *Digital economy*. 2021; (3): 34–51 (in Russian). <https://doi.org/10.34706/DE-2021-03-02>
6. Medennikov V.I. Digital ecosystem of the agroindustrial complex: a scientific approach. *International Agricultural Journal*. 2022; (2): 116–119 (in Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_2_116
7. Dobrynin V.A. Three main directions of the agro-industrial complex's exit from the disaster. *AIC: economy, management*. 2001; (5): 18–24 (in Russian).
8. Ivanov G.I. Economic essence and conceptual framework of efficiency of agro-industrial complex. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Ekonomika i upravleniye*. 2018; 4(2): 34–42 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yimrczn>
9. Altukhov A.I., Silaeva L.P. Agriculture priority should be not once, but by the strategy of its development. *Proceedings of the XV International Scientific and practical Conference dedicated to the 60th anniversary of the Faculty of Economics of Kuban State University*. Krasnodar: Kuban State University. 2020; 6–22 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pjotxd>
10. Galibin I.G. Digital innovations in the context of sustainable development of the agro-industrial complex of the region. *Strategiya predpriyatiya v kontekste povysheniya yego konkurentosposobnosti*. 2023; 12: 19–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/txmsap>
11. Krylatyh E.N., Protsenko O.D., Dudin M.N. Actual issues of ensuring food security in Russia in the context of global digitalization. *Food policy and security*. 2020; 7(1): 19–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vjvedz>
12. Kim V.V., Galaktionova E.A., Antonevich K.V. Food losses and food waste in the consumer market of the Russian Federation. *International agricultural journal*. 2020; 63(4): 1 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/eefffc>
13. Tarasov V.I., Ershov V.V., Abrashkina E.D. Digital transformation of agro-industrial complex: problems and prospects. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020; (7): 24–26 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/207-24>
14. Götz M., Jankowska B. Adoption of Industry 4.0 technologies and company competitiveness: case studies from a post-transition economy. *Foresight and STI Governance*. 2020; 14(4): 61–78 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bedift>

15. Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*. 2017; 43(1): 39–58. <https://doi.org/10.1177/0149206316678451>
16. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*. 2018; 39(8): 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
17. Williamson P.J., De Meyer A. Ecosystem Advantage: How to Successfully Harness the Power of Partners. *California Management Review*. 2012; 55(1): 24–46. <https://doi.org/10.1525/cmr.2012.55.1.24>
18. Клейнер Г.Б. Социально-экономические экосистемы в контексте дуального пространственно-временного анализа. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2018; 5(5): 5–13. <https://www.elibrary.ru/xtthjb>
19. Карпинская В.А. Экосистема как единица экономического анализа. *Системные проблемы отечественной мезоэкономики, микроэкономики, экономики предприятий. Материалы II конференции отделения моделирования производственных объектов и комплексов ЦЭМИ РАН. М.: Центральный экономико-математический институт РАН*. 2018; 2: 125–141. <https://doi.org/10.33276/978-5-8211-0769-5-125-141>
20. Дорошенко С.В., Шеломенцев А.Г. Предпринимательская экосистема в современных экономических исследованиях. *Журнал экономической теории*. 2017; (4): 212–221. <https://www.elibrary.ru/zvmlaz>
21. Акаткин Ю.М., Карпов О.Э., Коняевский В.А., Ясиновская Е.Д. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли. *Бизнес-информатика*. 2017; (4): 17–28. <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.4.17.28>
22. Федуллова Е.А., Стародубцева А.К., Вервейн Д.Р. Стратегические вопросы цифрового развития экосистемы финансовой организации. *Стратегирование: теория и практика*. 2023; 3(1): 124–139. <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2023-3-1-124-139>
23. Агафонова О.В., Кокорин А.В. Цифровая экосистема как конечный этап цифровой трансформации. *Комплексное развитие сельских территорий Сибирского федерального округа. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика РАН П.М. Першукевича. Новосибирск: Золотой колос*. 2023; 6–11. <https://www.elibrary.ru/odcfng>
24. Коробейников Д.А. Модель цифровой экосистемы агропромышленного комплекса. *Вестник университета*. 2023; (1): 83–91. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-1-83-91>
25. Морозов М.А., Морозова Н.С. Концепция цифровой экосистемы индустрии туризма и гостеприимства. *Современные проблемы сервиса и туризма*. 2020; 14(4): 27–36. <https://www.elibrary.ru/zzzfno>
26. Пешкова Г.Ю., Федоров К.Ф. Актуальные тенденции и проблемы цифровизации АПК. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022; (4–4): 150–153. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.139>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Владимировна Пивоварова

кандидат экономических наук

ovpivovarova@fa.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1755-5972>

Сергей Леонидович Орлов

доктор экономических наук, профессор

orlov2011orlov@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4394-2335>

Астхик Аркадьевна Хачатрян

aahachatryan@fa.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6493-680X>

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 55, Москва, 125167, Россия

15. Adner R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*. 2017; 43(1): 39–58. <https://doi.org/10.1177/0149206316678451>

16. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*. 2018; 39(8): 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>

17. Williamson P.J., De Meyer A. Ecosystem Advantage: How to Successfully Harness the Power of Partners. *California Management Review*. 2012; 55(1): 24–46. <https://doi.org/10.1525/cmr.2012.55.1.24>

18. Kleyner G.B. Socio-economic ecosystems in the context of the dual spatial-temporal analysis. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*. 2018; 5(5): 5–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xtthjb>

19. Karpinskaya V.A. Ecosystem as a unit of economic analysis. *Systemic problems of domestic mesoeconomics, microeconomics, and enterprise economics. Proceedings of the II conference of the Department of modeling of production facilities and complexes of CEMI RAS*. Moscow: Central Economic Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences. 2018; 2: 125–141 (in Russian). <https://doi.org/10.33276/978-5-8211-0769-5-125-141>

20. Doroshenko S.V., Shelomentsev A.G. The entrepreneurial ecosystem in the contemporary socio-economic studies. *Russian Journal of Economic Theory*. 2017; (4): 212–221 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zvmlaz>

21. Akatkin Yu.M., Karpov O.E., Konyavsky V.A., Yasinovskaya E.D. Digital economy: Conceptual architecture of a digital economic sector ecosystem. *Business Informatics*. 2017; (4): 17–28 (in Russian). <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2017.4.17.28>

22. Fedulova E.A., Starodubtseva A.K., Vervein D.R. Strategic issues of digital development of the ecosystem of a financial organization. *Strategizing: theory and practice*. 2023; 3(1): 124–139 (in Russian). <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2023-3-1-124-139>

23. Agafonova O.V., Kokorin A.V. Digital ecosystem as the final stage digital transformation. *Integrated development of rural territories of the Siberian Federal District. Proceedings of the International scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Academician of the Russian Academy of Sciences P.M. Pershukovich*. Novosibirsk: Zolotoy kolos. 2023; 6–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/odcfng>

24. Korobeynikov D.A. Digital ecosystem model of the agro-industrial complex. *Vestnik universiteta*. 2023; (1): 83–91 (in Russian). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-1-83-91>

25. Morozov M.A., Morozova N.S. The concept of the digital ecosystem of the tourism and hospitality industry. *Service & tourism current challenges*. 2020; 14(4): 27–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zzzfno>

26. Peshkova G.Yu., Fedorov K.F. Current trends and problems of digitalization of the agro-industrial complex. *International Research Journal*. 2022; (4–4): 150–153 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.139>

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vladimirova Pivovarova

Candidate of Economic Sciences

ovpivovarova@fa.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1755-5972>

Sergey Leonidovich Orlov

Doctor of Economics Sciences, Professor

orlov2011orlov@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4394-2335>

Astghik Arkadyevna Khachatryan

aahachatryan@fa.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6493-680X>

Financial University under the Government of Russian Federation,
55 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia

И.А. Аксенов ✉

Г.А. Трунин

М.С. Фабриков

М.С. Лисятников

Е.С. Прусов

С.И. Рощина

М.А. Дубровин

Владимирский государственный
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
Владимир, Россия

✉ il_aks@mail.ru

Поступила в редакцию: 15.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Аксенов И.А., Трунин Г.А., Фабриков М.С.,
Лисятников М.С., Прусов Е.С., Рощина С.И.,
Дубровин М.А.

Ilya A. Aksenov ✉

Grigory A. Trunin

Maxim S. Fabrikov

Mikhail S. Lisyatnikov

Evgeny S. Prusov

Svetlana I. Roshchina

Mikhail A. Dubrovin

Vladimir State University, Vladimir, Russia

✉ il_aks@mail.ru

Received by the editorial office: 15.07.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Aksenov I.A., Trunin G.A., Fabrikov M.S.,
Lisyatnikov M.S., Prusov E.S., Roshchina S.I.,
Dubrovin M.A.

Анализ мирового производства риса по статистическим данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Рис является одной из важнейших продовольственных культур в мире. Статистический анализ мирового производства риса позволяет выявить ключевые тенденции, оценить факторы, влияющие на урожайность, и разработать эффективные стратегии для удовлетворения растущих потребностей в данной культуре на мировой арене. В исследовании авторы проводят аналитический обзор мирового производства риса в динамике с 1961 по 2022 год по статистическим данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций.

Цель исследования — выявление тенденций развития мирового рынка производства риса.

Методы. Эмпирической основой исследования послужили статистические сведения Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций. Теоретической основой исследования послужили труды известных российских и зарубежных ученых, непосредственно затрагивающие различные стороны мирового производства риса. Методологическую основу исследования составили методы: сравнение, временной анализ, систематизация данных.

Результаты. Китай и Индия производят более 50% мирового объема риса. В Китае намечается тенденция по уменьшению площадей производства риса параллельно с увеличением урожайности.

Есть ряд стран, которые имеют огромный потенциал развития на рынке риса: Пакистан, Камбоджа, Филиппины, Вьетнам, Бангладеш, Индонезия. Эти страны быстрыми темпами наращивают объемы посевных площадей по данной культуре и повышают эффективность площадей за счет повышенного сбора урожая риса с 1 га.

Ключевые слова: ФАО ООН, рис, производство, посевная площадь, урожайность, тенденции, динамика

Для цитирования: Аксенов И.А. и др. Анализ мирового производства риса по статистическим данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 154–166.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-154-166>

Analysis of world rice production according to statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations

ABSTRACT

Relevance. The study provides an analytical overview of global rice production over time from 1961 to 2022 according to statistics from the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

The purpose of the study is to identify trends in the development of the global rice production market.

Methods. The empirical basis of the study was the statistical data of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The theoretical basis of the study was the works of famous Russian and foreign scientists, directly affecting various aspects of world rice production. The methodological basis of the study was the following methods: comparison, time analysis, data systematization.

Results. China and India produce more than 50% of the world's rice. In China, there is a trend towards a decrease in the area of rice production, in parallel with an increase in yield.

There are a number of countries that have enormous development potential in the rice market: Pakistan, Cambodia, the Philippines, Vietnam, Bangladesh, Indonesia. These countries are rapidly increasing the volume of harvesting areas for this crop and increasing the efficiency of these areas due to increased rice yield per 1 hectare.

Key words: UN FAO, rice, production, harvest area, yield, trends, dynamics

For citation: Aksenov I.A *et al.* Analysis of world rice production according to statistical data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 154–166 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-154-166>

Введение/Introduction

Рис — одна из важнейших продовольственных культур, играющая ключевую роль в питании более половины населения планеты. Будучи основным продуктом питания для миллиардов людей, особенно в Азии, производство риса имеет критическое значение для обеспечения продовольственной безопасности и стабильности во многих регионах мира.

В условиях глобальных изменений климата, роста населения и экономической нестабильности анализ мирового производства риса становится особенно актуальным.

Статистические данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (далее — ФАО ООН) предоставляют уникальный ресурс, который может позволить глубоко и всесторонне провести анализ мирового производства риса. Эти данные охватывают широкий спектр информации, включая объёмы производства, урожайность, площади посевов, использование сельскохозяйственных технологий и экономические аспекты торговли рисом [1].

Анализ статистических данных ФАО ООН позволяет выявить глобальные и региональные тенденции, определить основные проблемы и вызовы, а также предложить пути их решения.

Современные тренды в производстве риса отражают значительные изменения в подходах к его производству. Внедрение инновационных технологий, таких как генетически модифицированные сорта риса, системы точного земледелия и автоматизированные системы управления водными ресурсами, способствуют повышению урожайности и устойчивости к климатическим изменениям [2]. Однако эти достижения сопровождаются рядом проблем, включая социально-экономические барьеры, ограниченный доступ к передовым технологиям для мелких фермеров и экологические последствия интенсивного земледелия.

Особенности анализа статистических данных ФАО ООН заключаются в их глобальной охватности и детализации. Данные позволяют проводить сравнительные исследования между разными странами и регионами, анализировать долгосрочные тренды и изменения, а также оценивать влияние различных факторов на производство риса.

Важной составляющей анализа является учет региональных особенностей, таких как климатические условия, культурные традиции и экономическая структура, что позволяет создавать более точные и релевантные прогнозы.

Одна из ключевых проблем в мировом производстве риса — изменение климата, которое приводит к частым экстремальным погодным

явлениям, таким как засуха, наводнения и ураганы. Эти явления существенно влияют на урожайность и стабильность производства риса [3]. Значительное внимание уделяется вопросам деградации почв, дефицита водных ресурсов и изменению структуры мирового рынка риса.

Экономические и политические факторы, такие как торговые войны, колебания цен на продовольствие и поддержка сельскохозяйственного сектора различными государствами, играют важную роль в формировании текущих условий производства и торговли рисом.

Цель исследования — проведение статистического анализа мирового производства риса, на основе которого необходимо выявить основные тенденции и факторы, влияющие на объёмы производства этой важной продовольственной культуры.

Поставленную цель в рамках исследования необходимо достигнуть за счет решения следующих задач:

1. Выявление тенденций изменения объёмов производства риса в мире с 1961 по 2022 г.
2. Выявление тенденций изменения объёмов посевных площадей риса в мире с 1961 по 2022 г.
3. Определение стран-лидеров и выявление причин изменения тенденций в мировом производстве риса.

Таким образом, анализ мирового производства риса, по статистическим данным ФАО ООН, является необходимым инструментом для понимания текущего состояния и перспектив этой важнейшей сельскохозяйственной культуры. Он позволяет выявить ключевые тренды, проблемы и возможности, что является основой для разработки стратегий устойчивого развития сельского хозяйства и обеспечения глобальной продовольственной безопасности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Теоретической основой исследования послужили труды российских и зарубежных ученых в области сельского хозяйства за 1961–2023 годы.

Эмпирической основой исследования послужила статистическая база данных ФАО ООН.

Методы исследования, которые использовались в исследовании: сравнение, временной анализ, систематизация данных.

Основным источником информации для исследования стала статистическая база ФАО ООН². Для получения необходимых данных для исследования из базы данных были написаны запросы на высокоуровневом языке программирования общего назначения Python, правообладателем которого является Python Software Foundation.

¹ Статистическая база данных ФАО ООН. — URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#home>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

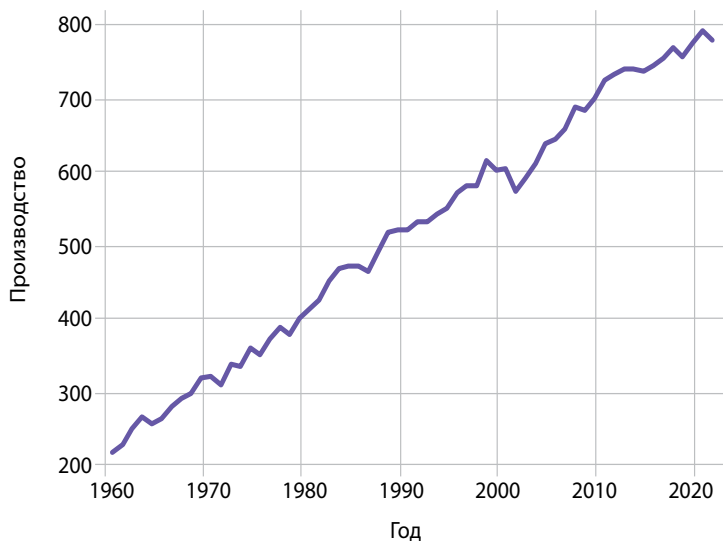
Согласно статистическим данным ФАО ООН², в 1961 году в мире было собрано 215,6 млн т риса, а в 2022-м — 776,5 млн т. Прирост с 1961 по 2022 год составил более 260% (рис. 1).

На основе рисунка 1 можно выявить, что объемы мирового производства риса имеют устойчивую положительную тенденцию. В целом на графике виден один явный спад мирового объема производства риса. В 2001 году мировой объем производства риса составлял 600 млн т, а в 2003-м — 571,38 млн т, в 2004 году объем производства снова восстановил устойчивый положительный тренд и составил 607,56 млн т.

Данное сокращение мирового объема производства риса произошло в основном за счет сокращения объемов производства Китаем. Китай с 1999 по 2003 год сократил производство риса с 200 млн т до 162 млн т, а с 2004-го начал активно наращивать объемы производства. Это в свою очередь можно объяснить тем, что Китай в данные годы внедрял сельскохозяйственные инновации в производство данной культуры. Потребовался временной промежуток, чтобы они начали работать в полную мощность.

Рис. 1. Данные по мировому объему производства риса (млн т)

Fig. 1. Data on world rice production (million tons)



Далее в рамках исследования были построены диаграммы мирового производства риса по странам за 1961, 1981, 1992, 2002, 2022 годы (рис. 2–6).

Из рисунков 2–6 видно, что в 1961 году странами — лидерами по объему производства были Китай, Индия, Япония, Бангладеш, в 1981–2022 годах — Китай, Индия, Индонезия, Бангладеш.

Рис. 2. Страны — лидеры по объему производства риса в 1961 г.

Fig. 2. The leading countries in terms of rice production in 1961

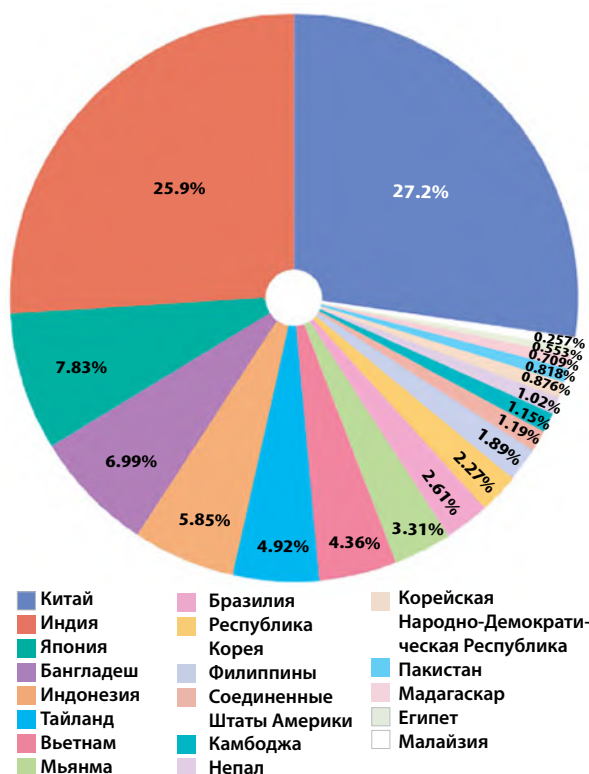
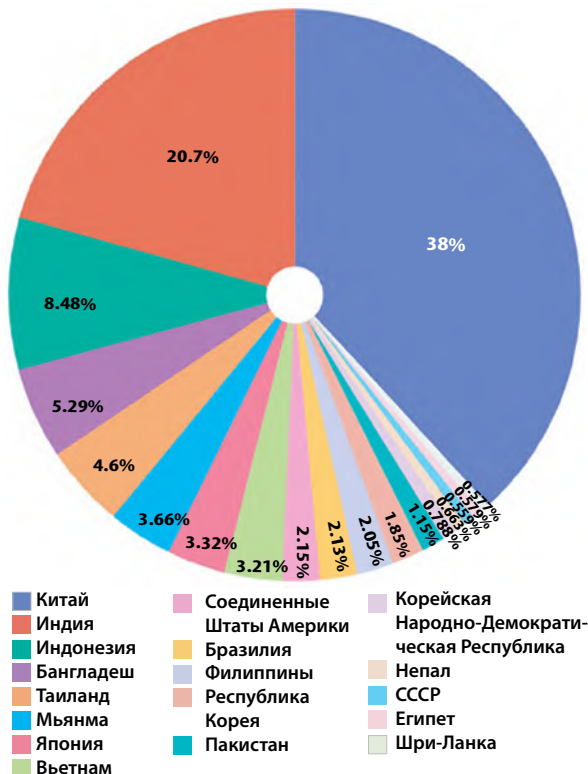


Рис. 3. Страны — лидеры по объему производства риса в 1981 г.

Fig. 3. The leading countries in terms of rice production in 1981



² Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций. — URL: <https://www.fao.org/home/ru>

Рис. 4. Страны — лидеры по объему производства риса в 1992 г.

Fig. 4. The leading countries in terms of rice production in 1992

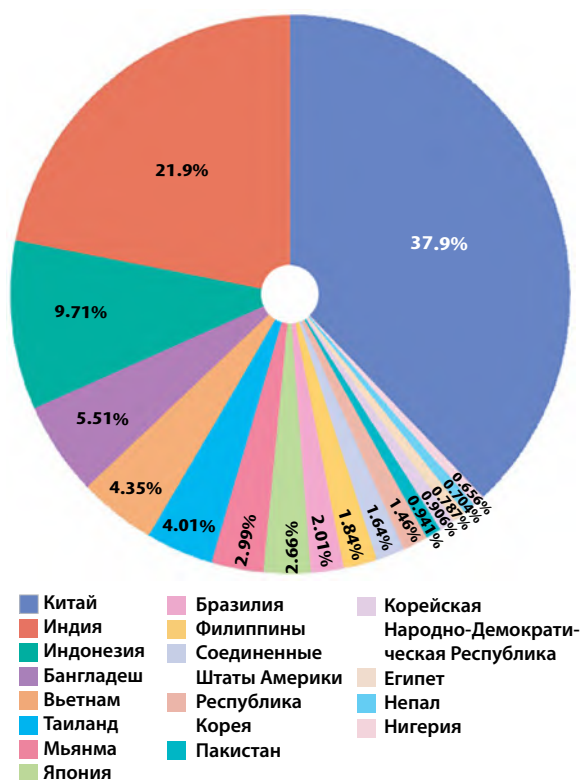
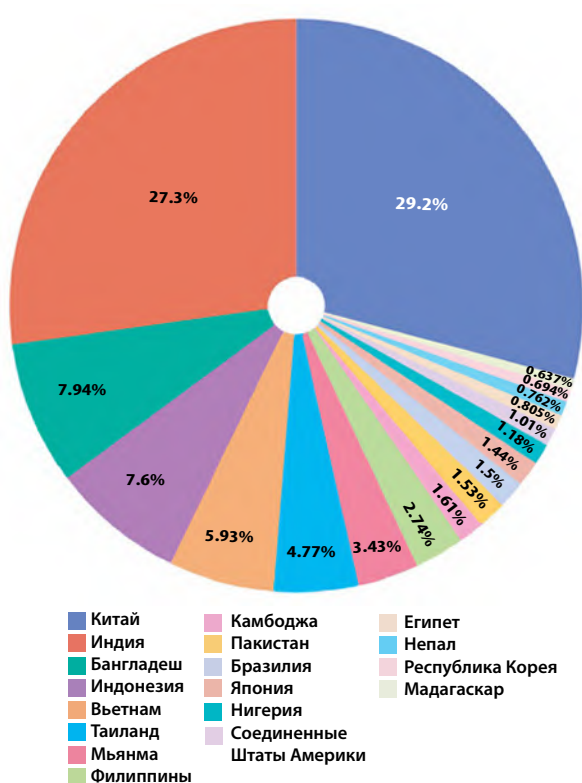


Рис. 6. Страны — лидеры по объему производства риса в 2022 г.

Fig. 6. The leading countries in terms of rice production in 2022



Исходя из рисунков 2–6, можно констатировать, что первая десятка стран — лидеров по производству риса за исследуемый период сильно не изменится.

Рис. 5. Страны — лидеры по объему производства риса в 2002 г.

Fig. 5. The leading countries in terms of rice production in 2002

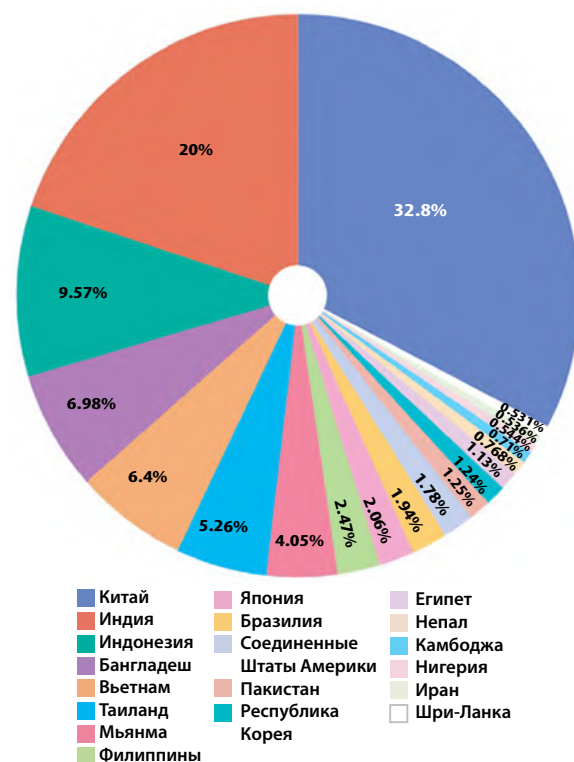


Таблица 1. Объемы производства риса странами-лидерами (по данным ФАО ООН)

Table 1. The volume of rice production by the leading countries (according to the UN FAO)

Основные страны	млн т					Темп прироста с 1961 по 2022 г., %
	1961 г.	1981 г.	1992 г.	2002 г.	2022 г.	
Китай	56,2	146,96	188,30	176,34	210,07	274
Индия	53,49	79,88	109	107,73	196,25	267
Индонезия	12,08	32,77	48,24	51,49	54,75	353
Бангладеш	14,43	20,45	27,37	37,59	57,19	373
Таиланд	10,15	17,77	19,92	28,32	34,32	238
Мьянма	6,84	14,15	14,84	21,84	24,68	260
Япония	16,16	12,82	13,22	11,11	10,37	-35
Вьетнам	9,00	12,42	21,59	34,45	42,67	374
США	2,46	8,29	8,15	9,57	7,27	196
Бразилия	5,39	8,23	9,49	10,45	10,78	100
Республика Корея	4,68	7,15	7,26	6,69	5,00	6
Филиппины	3,91	7,91	9,13	13,27	19,76	405
Камбоджа	2,38	1,49	2,22	3,82	11,62	375
Пакистан	1,69	5,15	4,67	6,72	10,99	550

Отразим объемы производства риса каждой из стран-лидеров. Страна-лидерами будем считать первую десятку стран по объемам производства за каждый обозначенный год. Статистику по данным странам возьмем с 1961 по 2022 год (табл. 1).

Из сведений (табл. 1) можно увидеть, что почти все страны-лидеры очень быстрыми темпами увеличивали объемы производства риса за

рассматриваемый период. Исключением стали Япония (сократила объемы производства с 16,16 млн т до 10,37 млн т с 1961 по 2022 г.) и Республика Корея (увеличила объемы производства с 4,68 млн т до 5 млн т с 1961 по 2022 г.).

Лидеры по относительным показателям увеличения производства — Пакистан и Филиппины (увеличение объема производства на 550% и 405% соответственно). Лидеры по абсолютным показателям увеличения производства — Китай и Индия (увеличение объема производства на 154 млн т и 143 млн т соответственно).

Более подробно анализ темпов прироста представлен в таблице 2, которая отражает крупнейшие страны по объему производства риса.

Понимая объемы производства каждой из стран-лидеров, была высчитана доля каждой из крупных стран по объемам производства риса (табл. 2).

Для большей визуализации данных по объемам производства риса стран-лидеров были выгружены из статистической БД ФАО ООН сведения по тому, как менялась динамика производства с 1961 по 2022 г. (рис. 7–20).

Рис. 7. Производство риса Индией за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 7. Rice production by India in 1961–2022. (million tons)

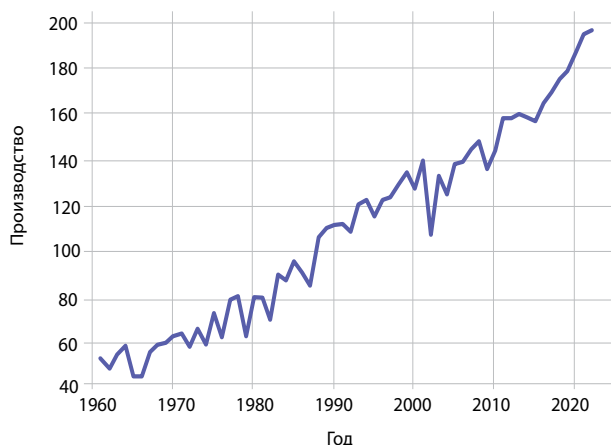


Рис. 8. Производство риса Индонезией за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 8. Rice production by Indonesia in 1961–2022 (million tons)

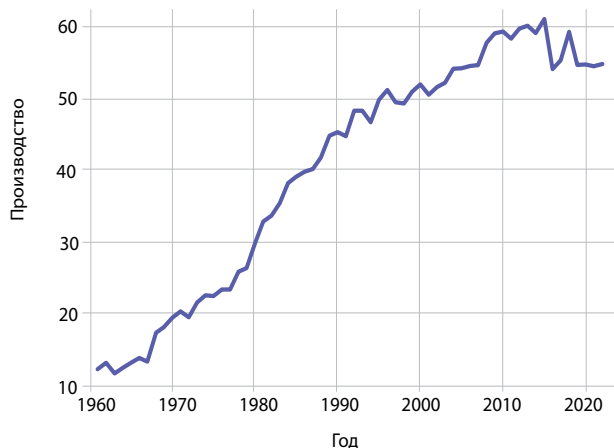


Таблица 2. Доля стран в общемировом объеме производства риса (по данным ФАО ООН)
Table 2. The share of countries in global rice production (according to the UN FAO)

Основные страны	Доля в мировом производстве риса, %				
	1961 г.	1981 г.	1992 г.	2002 г.	2022 г.
Китай	27,2	38	37,9	32,8	29,2
Индия	25,9	20,7	21,9	20	27,3
Индонезия	5,85	8,48	9,71	9,57	7,60
Бангладеш	6,99	5,29	5,51	6,98	7,94
Таиланд	4,92	4,6	4,01	5,26	4,77
Мьянма	3,31	3,66	2,99	4,05	3,43
Япония	7,83	3,32	2,66	2,06	1,44
Вьетнам	4,36	3,21	4,35	6,04	5,93
США	1,19	2,15	1,64	1,78	1,01
Бразилия	2,61	2,13	2,01	1,94	1,5
Республика Корея	2,27	1,85	1,46	1,24	0,69
Филиппины	1,89	2,05	1,84	2,47	2,74
Камбоджа	1,15	<0,5	<0,5	0,71	1,61
Пакистан	0,81	1,33	0,94	1,25	5,93

Рис. 9. Производство риса Республикой Бангладеш за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 9. Rice production by the Republic of Bangladesh in 1961–2022 (million tons)

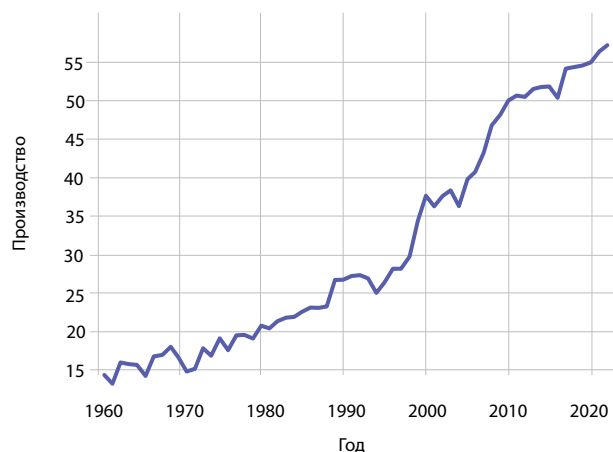


Рис. 10. Производство риса Таиландом за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 10. Rice production by Thailand in 1961–2022 (million tons)

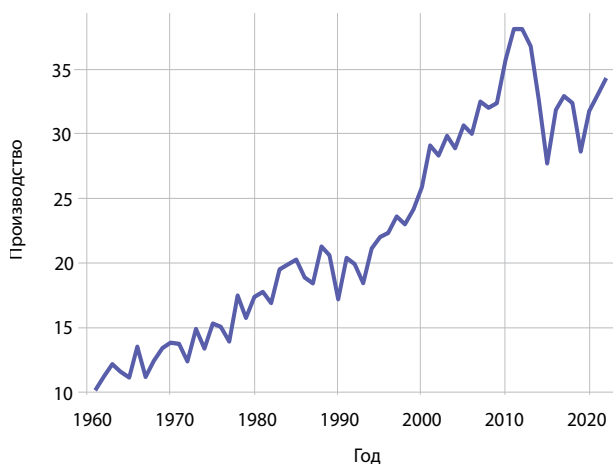


Рис. 11. Производство риса Мьянмой за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 11. Rice production by Myanmar in 1961–2022 (million tons)

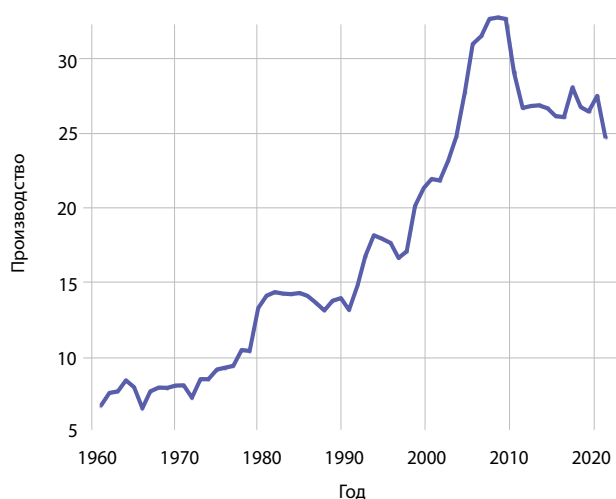


Рис. 14. Производство риса США за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 14. US rice production in 1961–2022 (million tons)

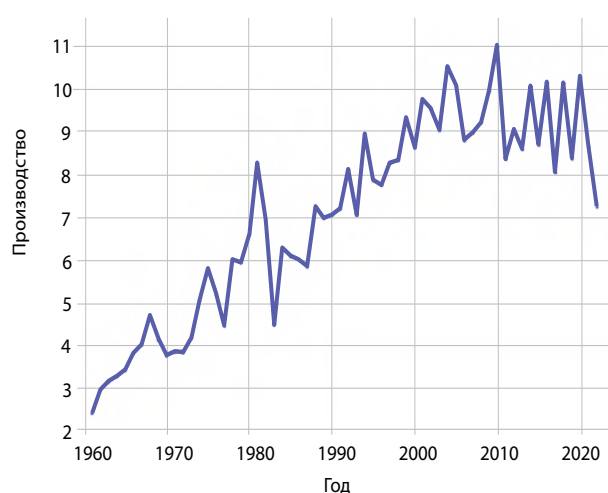


Рис. 12. Производство риса Японией за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 12. Rice production by Japan in 1961–2022 (million tons)

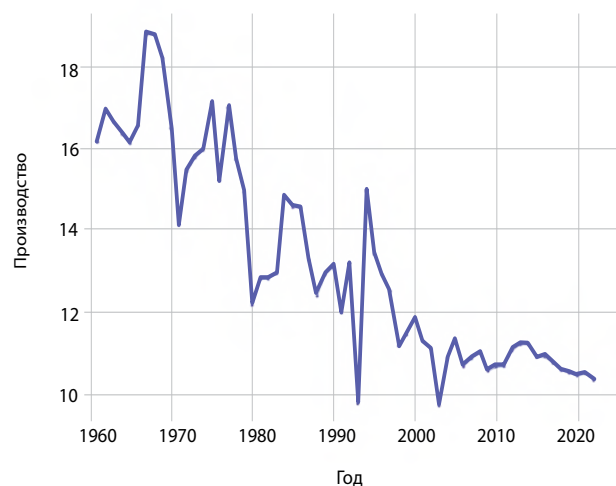


Рис. 15. Производство риса Бразилией за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 15. Rice production in Brazil in 1961–2022 (million tons)

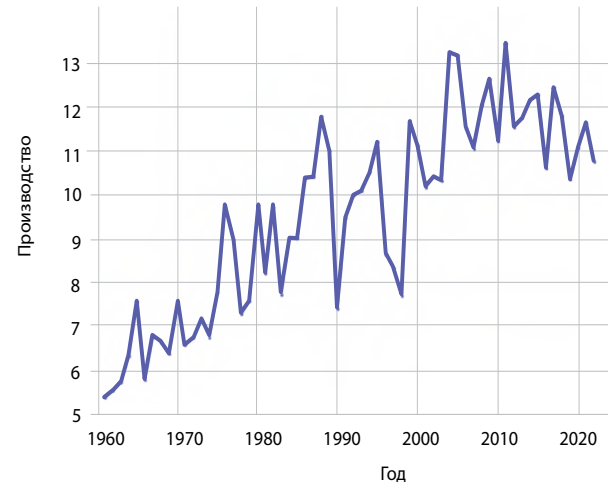


Рис. 13. Производство риса Вьетнамом за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 13. Rice production by Vietnam in 1961–2022 (million tons)

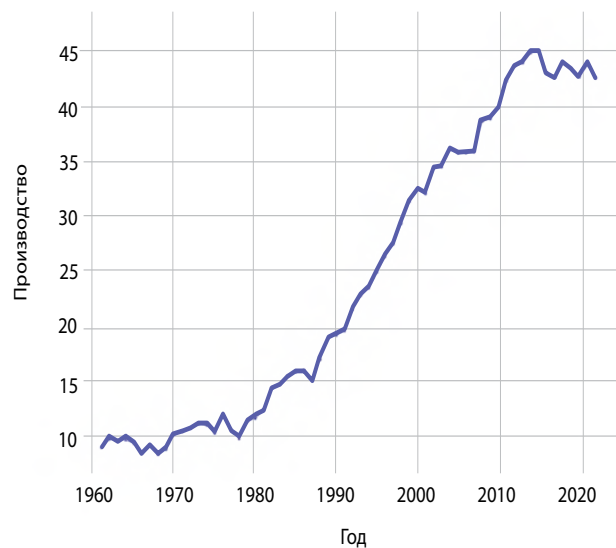


Рис. 16. Производство риса Филиппинами за 1961–2022 гг. (млн т)
Fig. 16. Rice production in the Philippines in 1961–2022 (million tons)

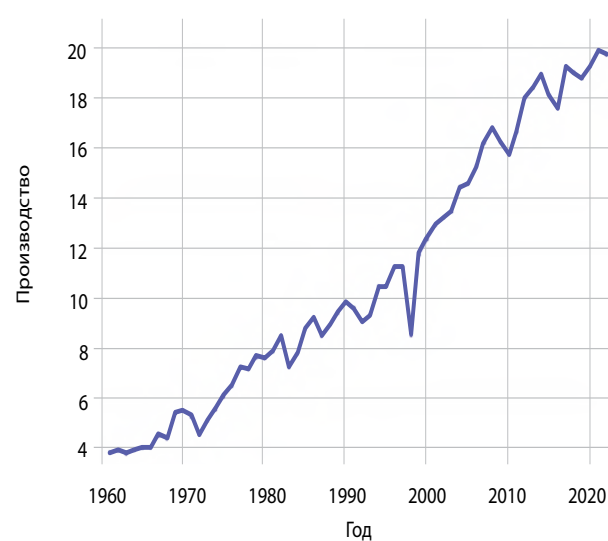


Рис. 17. Производство риса Камбоджей за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 17. Rice production by Cambodia in 1961–2022 (million tons)

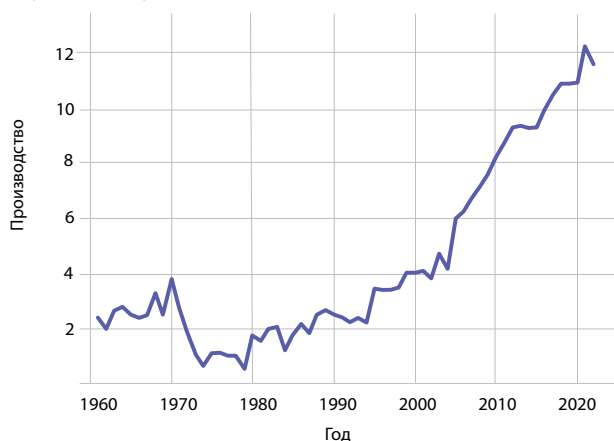


Рис. 18. Производство риса Пакистаном за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 18. Rice production by Pakistan in 1961–2022 (million tons)

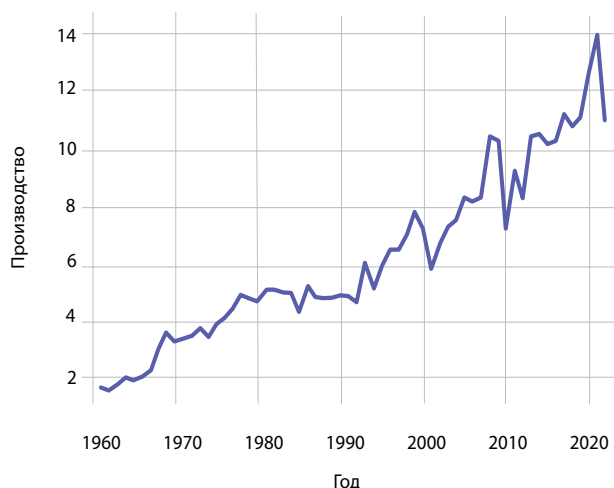


Рис. 19. Производство риса Китаем за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 19. Rice production by China in 1961–2022 (million tons)

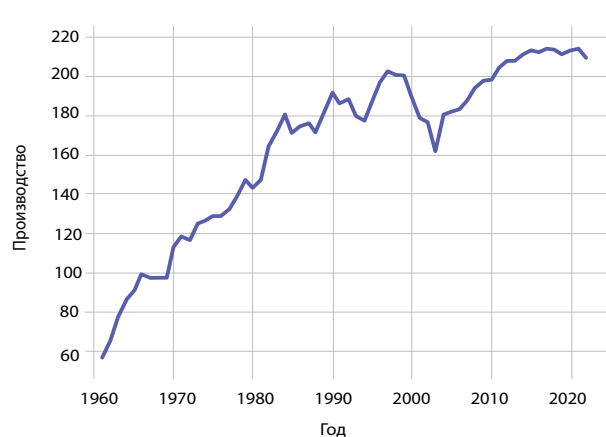
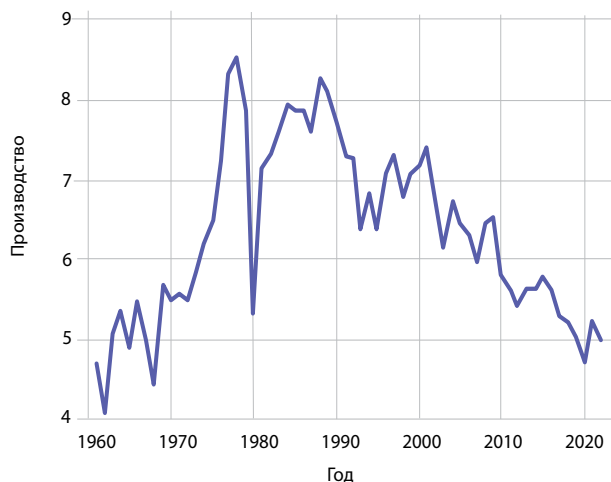


Рис. 20. Производство риса Республикой Корея за 1961–2022 гг. (млн т)

Fig. 20. Rice production by the Republic of Korea in 1961–2022 (million tons)



На основе рисунков 7–20 можно сделать выводы, что с 1961 по 2022 год ключевые страны — лидеры по производству риса (по данным ФАО ООН) в целом не менялись. Почти все страны (кроме Японии и Республики Корея) увеличивают объемы производства риса.

Стоит отметить, что данные на рисунках 7–20, в отличие от общего тренда мирового производства, имеют достаточно большую стохастическую составляющую у большинства стран. По результатам анализа этой стохастической составляющей и ее причин можно отметить, что на производство риса влияют следующие факторы: климатическая составляющая, аграрные технологии производства, наличие соответствующих площадей и почвенных условий. Немаловажные факторы — спрос и возможность сбыта произведенного фермерами товара.

Особенно стохастическая составляющая производства риса видна на графике Японии. Эту стохастическую составляющую и сокращение объемов производства можно объяснить тем,

что происходило сокращение площадей производства под данную культуру и сокращение фермерских хозяйств на внутреннем рынке, переориентацией производства внутри страны, договоренности по импорту данной культуры.

Стохастическая составляющая в объемах производства риса в Бразилии связана со спецификой факторов, которые влияют на урожайность данной культуры: природными условиями, изменением климата, вредителями и болезнями.

Стохастическая составляющая в объемах производства риса в США связана с постоянным выбором более рентабельных культур для производства. В определенные годы высокой рентабельности риса видны пики производства, в период резких спадов фермеры переключаются на более рентабельные культуры и отказываются от производства риса.

Учитывая тот факт, что объем производства риса растет достаточно быстрыми темпами, стоит рассмотреть особенности того, как меняется посевная площадь данной культуры (рис. 21).

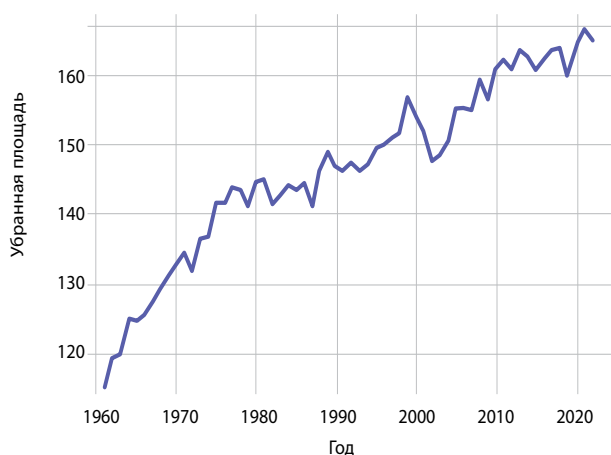
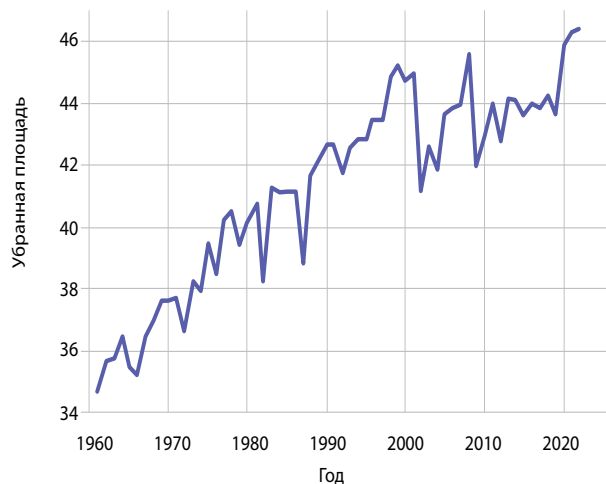
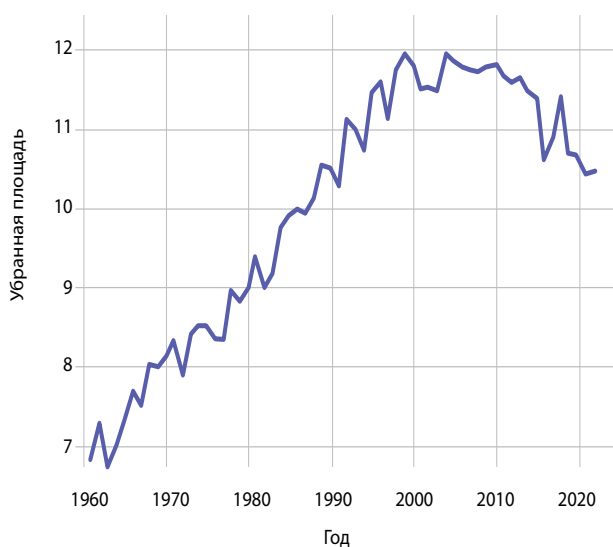
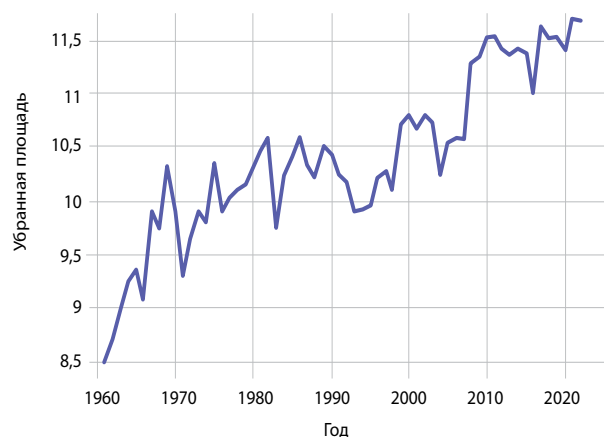
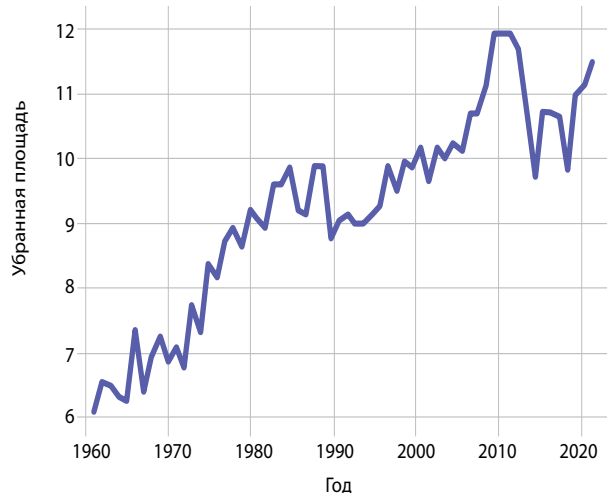
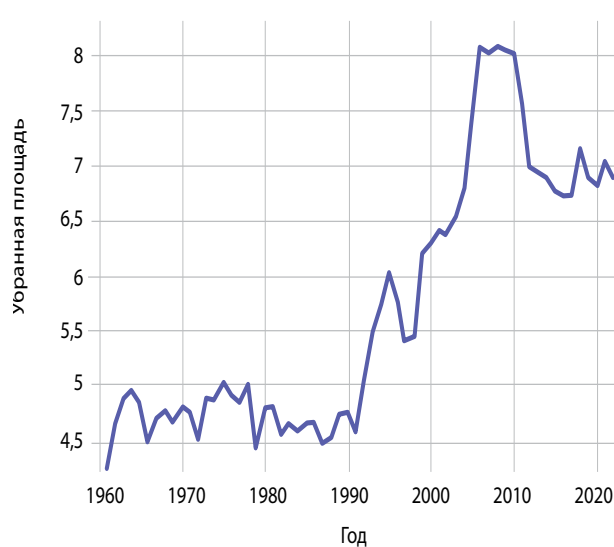
Рис. 21. Посевная площадь риса с 1961 по 2022 г. (млн га)**Fig. 21.** Rice harvested area from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 22.** Динамика посевных площадей риса Индией с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 22.** Dynamics of rice harvesting area in India from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 23.** Динамика посевных площадей риса Индонезией с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 23.** Dynamics of rice harvested area in Indonesia from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 24.** Динамика посевных площадей риса Республикой Бангладеш с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 24.** Dynamics of rice harvested area in the Republic of Bangladesh from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 25.** Динамика посевных площадей риса Таиландом с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 25.** Dynamics of rice harvesting area in Thailand from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 26.** Динамика посевных площадей риса Мьянмой с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 26.** Dynamics of Myanmar's rice harvesting area from 1961 to 2022 (million hectares)

Рис. 27. Динамика посевных площадей риса Японией с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 27. Dynamics of rice harvesting area in Japan from 1961 to 2022 (million hectares)

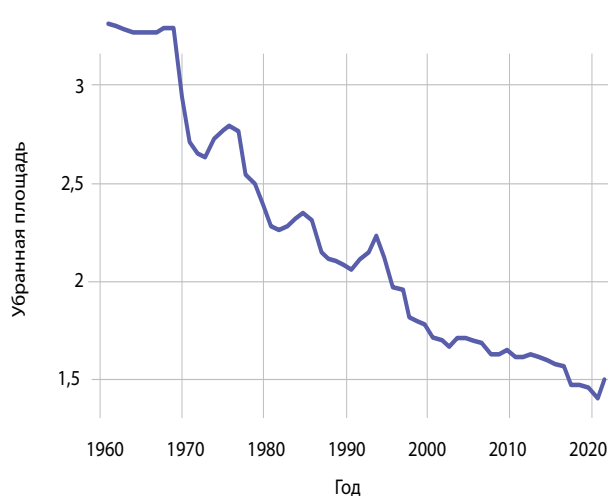


Рис. 30. Динамика посевных площадей риса Бразилией с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 30. Dynamics of rice harvesting area in Brazil from 1961 to 2022 (million hectares)

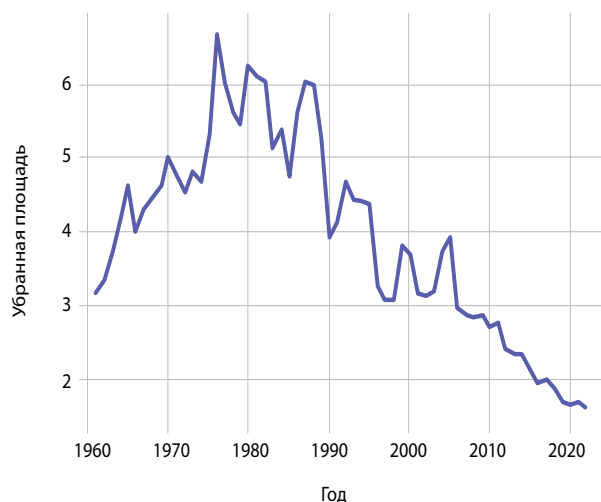


Рис. 28. Динамика посевных площадей риса Вьетнамом с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 28. Dynamics of rice harvesting area in Vietnam from 1961 to 2022 (million hectares)

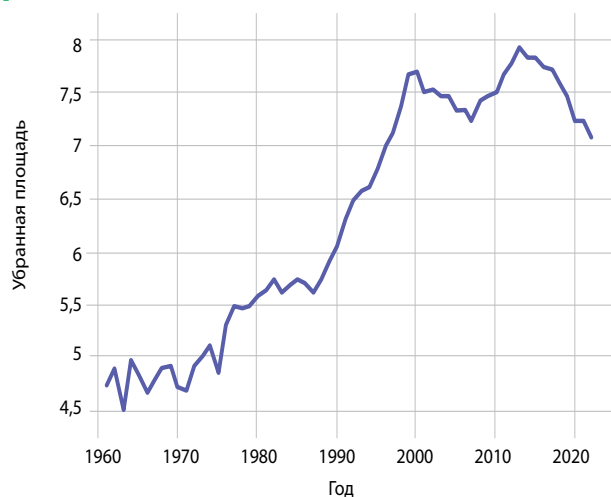


Рис. 31. Динамика посевных площадей риса Филиппинами с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 31. Dynamics of Philippine rice harvesting area from 1961 to 2022 (million hectares)

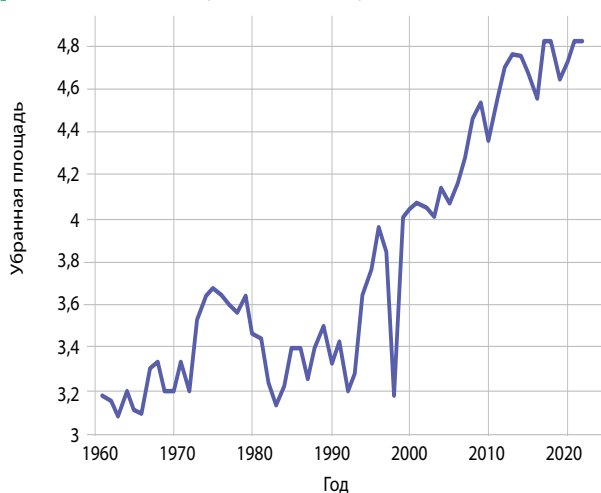


Рис. 29. Динамика посевных площадей риса США с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 29. Dynamics of US rice harvest area from 1961 to 2022 (million hectares)

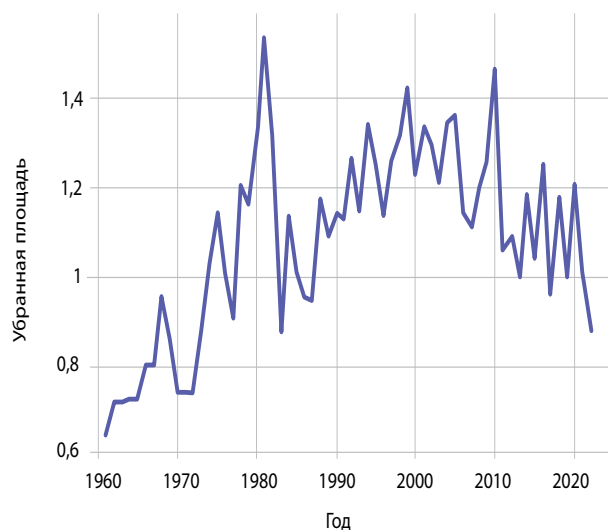


Рис. 32. Динамика посевных площадей риса Камбоджой с 1961 по 2022 год (млн га)

Fig. 32. Dynamics of Cambodia's rice harvesting area from 1961 to 2022 (million hectares)

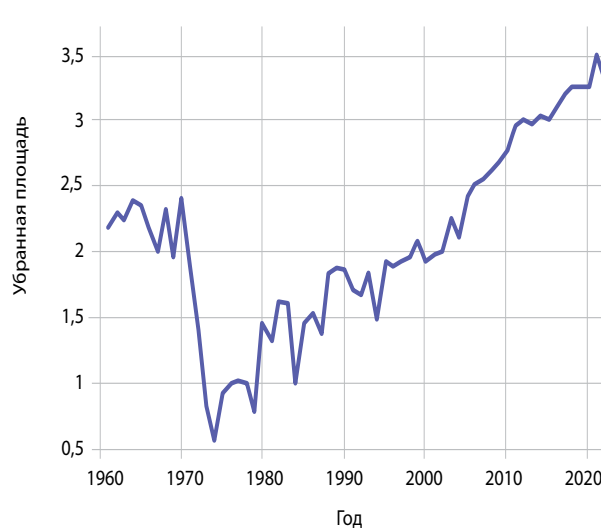
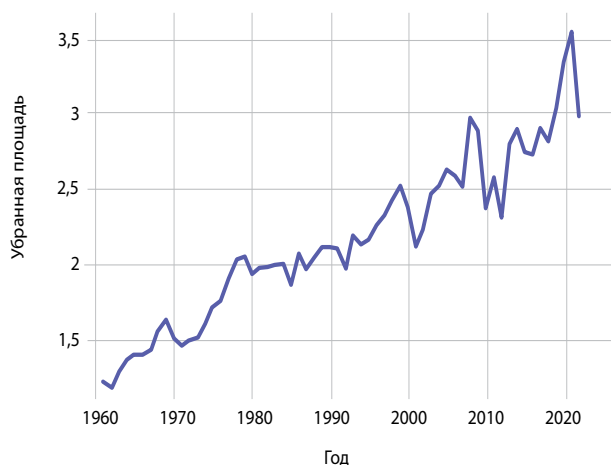


Рис. 33. Динамика посевных площадей риса Пакистаном с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 33.** Dynamics of rice harvested area by Pakistan from 1961 to 2022 (million hectares)

По рисунку 21 видно, что посевная площадь данной культуры с 1961 по 2022 год увеличилась с 115,36 млн га до 165,04 млн га. Следовательно, посевная площадь мирового производства риса с 1961 по 2022 год увеличилась на 43%.

Для понимания того, какие конкретно страны увеличивали посевные площади, а какие их сокращали, проведем анализ по странам.

Из рисунков 22–35 можно выявить, что почти все страны-лидеры увеличивали количество посевных площадей, кроме Японии, Бразилии и Республики Корея. Из особенностей стоит отметить что Китай увеличивал количество посевных площадей до 1988 года, а в последующем сформировал тенденцию на их сокращение.

На основе данных (табл. 3) можно увидеть, что:

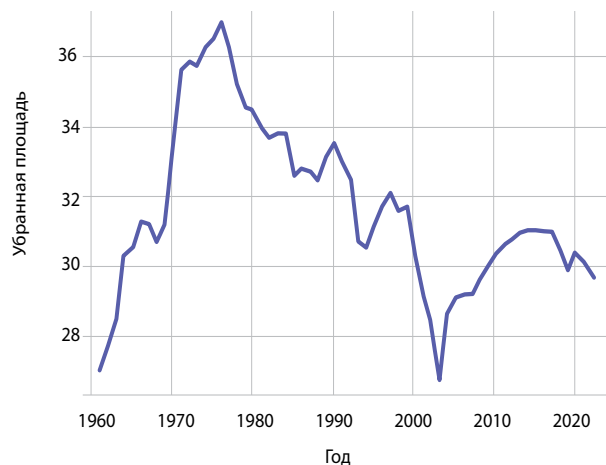
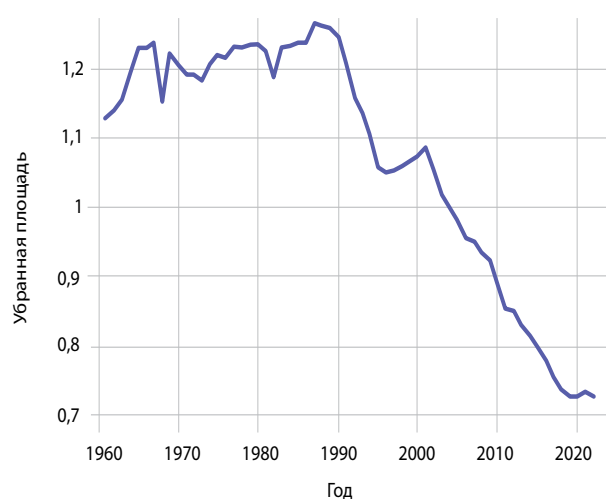
- в Китае происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 27,04 млн га до 29,69 млн га. Прирост площадей с 1961 по 2022 год — 9,8%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 56,2 млн т до 210,07 млн т, то есть 274%;

- в Индии происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 6,86 млн га до 10,45 млн га. Прирост площадей с 1961 по 2022 год — 33,8%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 53,49 млн т до 196,25 млн т, то есть 267%;

- в Индонезии происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 1,6 млн га до 1,2 млн га. Прирост площадей с 1992 по 2022 год — 52,3%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 12,08 млн т до 54,75 млн т, то есть 353%;

- в Республике Бангладеш происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 8,48 млн га до 11,69 млн га. Прирост площадей с 1992 по 2022 год — 37,9%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 14,43 млн т до 57,19 млн т, то есть 373%;

- в Таиланде происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 6,12 млн га

Рис. 34. Динамика посевных площадей риса Китаем с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 34.** Dynamics of China's rice harvesting area from 1961 to 2022 (million hectares)**Рис. 35.** Динамика посевных площадей риса Республикой Корея с 1961 по 2022 год (млн га)**Fig. 35.** Dynamics of rice harvesting area in the Republic of Korea from 1961 to 2022 (million hectares)**Таблица 3. Посевные площади риса (по данным ФАО ООН)****Table 3. Latrines of rice (according to the UN FAO)**

Основные страны	млн га					Темп прироста с 1961 по 2022 г., %
	1961 г.	1981 г.	1992 г.	2002 г.	2022 г.	
Китай	27,04	33,93	32,49	28,51	29,69	9,8
Индия	34,69	40,71	41,78	41,18	46,4	33,8
Индонезия	6,86	9,38	11,10	11,52	10,45	52,3
Бангладеш	8,48	10,46	10,18	10,78	11,69	37,9
Таиланд	6,12	9,11	9,16	9,65	11,48	87,6
Мьянма	4,25	4,81	5,06	6,38	6,90	62,4
Япония	3,31	2,28	2,11	1,69	1,50	-54,7
Вьетнам	4,75	5,65	6,48	7,50	7,10	49,5
США	0,64	1,53	1,27	1,30	0,88	37,5
Бразилия	3,17	6,10	4,69	3,14	1,62	-48,9
Республика Корея	1,13	1,22	1,16	1,05	0,73	-35,4
Филиппины	3,18	3,44	3,42	4,05	4,80	51
Камбоджа	2,18	1,32	1,69	1,99	3,30	51,4
Пакистан	1,21	1,97	1,97	2,22	2,98	146,3

до 11,48 млн га. Прирост площадей с 1961 по 2022 год — 87,6%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 10,15 млн т до 34,32 млн т, то есть 238%;

- в Мьянме происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 4,25 млн га до 6,90 млн га. Прирост площадей с 1992 по 2022 год — 62,4%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 6,84 млн т до 24,68 млн т, то есть 260%;

- в Японии происходило сокращение посевных площадей за рассматриваемый период с 3,31 млн га до 1,5 млн га. Сокращение площадей с 1992 по 2022 год — 54,7%, а сокращение урожайности с этих площадей в этот же период с 16,16 млн т до 10,37 млн т, то есть 35%;

- во Вьетнаме происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 4,75 млн га до 7,10 млн га. Сокращение площадей с 1992 по 2022 год — 49,5%, а прирост урожайности с этих площадей в этот же период с 9 млн т до 42,67 млн т, то есть 374%;

- в США происходило увеличение посевных площадей за рассматриваемый период с 0,64 млн га до 0,88 млн га. Увеличение площадей с 1992 по 2022 год — 37,5%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период с 2,46 млн т до 7,27 млн т, то есть 196%;

- в Бразилии происходило сокращение посевных площадей за рассматриваемый период с 3,17 млн га до 1,62 млн га. Сокращение посевных площадей с 1992 по 2022 год — 48,9%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период — с 5,39 млн т до 10,78 млн т, то есть 100%;

- в Республике Корея происходило сокращение посевных площадей за рассматриваемый период с 1,13 млн га до 0,873 млн га. Сокращение посевных площадей с 1992 по 2022 год — 35,4%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период — с 4,68 млн т до 5 млн т, то есть 6%;

- на Филиппинах происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 3,18 млн га до 4,80 млн га. Увеличение площадей с 1992 по 2022 год — 51%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период — с 3,91 млн т до 19,76 млн т, то есть 405%;

- в Камбодже происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 2,18 млн га до 3,30 млн га. Увеличение площадей с 1992 по 2022 год — 51,4%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период — с 2,38 млн т до 11,62 млн т, то есть 375%;

- в Пакистане происходил рост посевных площадей за рассматриваемый период с 1,21 млн га до 2,98 млн га. Увеличение площадей с 1992 по 2022 год — 146,3%, а увеличение урожайности с этих площадей в этот же период — с 1,69 млн т до 10,99 млн т, то есть 550%.

На основе анализа посевных площадей данной культуры можно увидеть, что посевная площадь данной культуры выросла на 43% за

рассматриваемый период, а валовой сбор с данных площадей увеличился на 260%. На основе этого можно констатировать, что площади для производства риса стали использоваться более эффективно, с большим коэффициентом полезного действия. Это в первую очередь связано с появлением более устойчивых сортов риса к внешним погодным условиям, с сельскохозяйственными инновациями.

На основании данных (табл. 3) можно выявить, что Китай и Индия производят более 50% мирового объема риса. В Китае намечается тенденция по уменьшению площадей производства риса параллельно с увеличением урожайности.

Имеются ряд стран, которые имеют огромный потенциал развития на рынке риса: Пакистан, Камбоджа, Филиппины, Вьетнам, Бангладеш, Индонезия. Эти страны быстрыми темпами наращивают объемы посевных площадей по данной культуре и повышают эффективность площадей за счет повышенного сбора урожая риса с 1 га. (Увеличение сбора, вероятно, происходит за счет более эффективных сортов данной культуры, технологий, применяемых при выращивании этой культуры.)

Япония сокращает объемы производства риса параллельно с сокращением посевных площадей.

Выводы/Conclusions

На основании проведенного исследования можно выявить:

1. С 1961 по 2022 г. произошло увеличение объемов производства риса на мировом рынке на 260%. В середине XX века в мировом сельском хозяйстве произошла Третья аграрная революция, которой характерно внедрение инновационных технологий и новых методов ведения сельского хозяйства. Это привело к значительному увеличению урожайности многих культур, включая и рис. Аграрная революция способствовала в данном случае открытию и внедрению в производственные процессы высокоурожайных сортов риса, которые лучше адаптированы к различным климатическим условиям. Широкое применение минеральных удобрений позволило увеличить плодородие почв и повысить урожайность, внедрение механизированных сельскохозяйственных машин ускорило процесс обработки сбора урожая.

Стоит отметить, что с 1960-х годов население мира значительно увеличилось, особенно в странах Азии, где рис является основным продуктом питания. Рост населения создал высокий спрос на культуру риса, что стимулировало фермеров увеличивать производство. Из рисунков 2–6 отчетливо видно, что объемы увеличения мирового производства риса в основном обеспечиваются за счет азиатских стран.

На взгляд авторов, активно влияют на увеличение мирового объема производства риса такие факторы, как увеличение мирового спроса на рис, глобализация торгово-экономических

отношений, изменение климата, системы государственного стимулирования развития сельского хозяйства.

Посевная площадь мирового производства риса с 1961 по 2022 год выросла на 43%. Основным фактором, на основе которого происходило увеличение площади мирового производства риса, на взгляд авторов, — рост спроса на данную культуру. В связи с тем что на рис был стабильно высокий спрос, фермеры были уверены, что их продукция будет реализована с соответствующим уровнем рентабельности. Соответственно, под данную культуру они и расширяли посевные площади, сокращая производство менее рентабельных культур.

В данный временной промежуток происходило значительное увеличение инвестиций в строительство и модернизацию ирригационных систем. Это в свою очередь позволило осваивать новые территории для выращивания риса. Особенно это касается стран с большими территориями, таких как Индия, Китай и Таиланд. Ирригационные проекты сделали доступными для возделывания земли, которые раньше считались непригодными для сельского хозяйства.

2. На основе проведенного исследования можно констатировать, что ключевые страны,

обеспечивающие более половины мирового производства риса, — Китай и Индия. Их вклад обусловлен наличием больших площадей, подходящих для выращивания этой культуры, а также активным использованием научно-технического прогресса при ее производстве. Особенно стоит отметить, что, рассматривая показатели объемов производства риса и посевных площадей Китая, можно отчетливо увидеть, как происходит увеличение валового сбора с параллельным сокращением посевных площадей под данную культуру. На основе этого можно выявить, что Китай делает ставку на технологические инновации при производстве данной культуры. Страны с огромным потенциалом в мировом производстве риса — Пакистан, Камбоджа, Филиппины, Вьетнам, Бангладеш, Индонезия. Каждая из перечисленных стран обладает уникальным набором преимуществ и определенных проблем в области производства риса. На основе проведенного анализа можно увидеть, что данные страны сформировали очень высокий прирост объемов производства риса. В процентном отношении он даже выше, чем у Китая и Индии. В перспективе данные страны могут создать полноценную конкуренцию Китаю и Индии, если продолжат реализовывать свой потенциал при производстве данной культуры.

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 подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет средств федерального бюджета по государственному заданию «Разработка и реализация стратегии развития внешнеэкономических связей сельского хозяйства и агропромышленного комплекса Российской Федерации с учетом санкционных ограничений и новых приоритетов экономического сотрудничества с зарубежными странами» (FZUN-2024-0007).

FUNDING

The work was prepared based on the results of research carried out at the expense of the federal budget on a state assignment is "Development and implementation of a strategy for the development of foreign economic relations of agriculture and the agro-industrial complex of the Russian Federation, taking into account sanctions restrictions and new priorities of economic cooperation with foreign countries" (FZUN-2024-0007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов И.А. Развитие государственной поддержки экспорта сельскохозяйственной продукции как элемент интеграционной политики Евразийского экономического союза. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021; 13(4): 273–296. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296>
2. Минаков А.В., Сафиуллин И.Н., Михайлова Л.В. Развитие сельского хозяйства России и направления повышения его конкурентоспособности на международном рынке. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2023; 18(270): 191–198. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-191-198>
3. Позубенкова Э.И., Носов А.В., Фудина Е.В. Механизм внедрения генетических технологий в агропромышленное производство. *Нива Поволжья*. 2021; 3(60): 17–21. DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.007
4. Стельмашонков Е.В., Стельмашонков В.Л. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: анализ перспектив. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021; 13(2): 336–365. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>
5. Paptsov A., Nechaev V., Mikhailushkin P. Towards a single innovation space in the agrarian sector of the member states of the Eurasian economic union: A case study. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2019; 7(1): 637–648. [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1\(45\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1(45))
6. Nechaev V.I., Arzhantsev S.A. Concept of the development of the agricultural technological platform of the EAEU member states. *Econ Russ Agric*. 2018; 8: 85–92.

REFERENCES

1. Aksenov I.A. Development of state support for the export of agricultural products as an element of the integration policy of the Eurasian Economic Union. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021; 13(4): 273–296 (in Russian). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296>
2. Minakov A.V., Safiullin I.N., Mikhailova L.V. Development of Russian agriculture and directions for increasing its competitiveness in the international market. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2023; 18(270): 191–198 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-191-198>
3. Pozubenkova E.I., Nosov A.V., Fudina E.V. The mechanism for introducing genetic technologies into agricultural production. *Niva Volga region*. 2021; 3(60): 17–21 (in Russian). DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.007
4. Stelmashonok E.V., Stelmashonok V.L. Digital transformation of the agro-industrial complex: analysis of prospects. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021; 13(2): 336–365 (in Russian). <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-2-336-365>
5. Paptsov A., Nechaev V., Mikhailushkin P. Towards a single innovation space in the agricultural sector of the member states of the Eurasian economic union: A case study. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2019; 7(1): 637–648. [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1\(45\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.7.1(45))
6. Nechaev V.I., Arzhantsev S.A. Concept of the development of the agricultural technological platform of the EAEU member states. *Econ Russ Agric*. 2018; 8: 85–92.

7. Жилияков Д.И. Роль государства в повышении эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций. *Экономические науки*. 2021; 194: 74–77. <https://doi.org/10.14451/1.194.74>
EDN XNQUCS
8. Skvortsova T.A., Denisova I.P., Romanenko N.G., Sukhovenko A.V. Innovations and support for quality in agriculture: A case study. *European Research Studies Journal*. 2018; 21(1): 423–431. <https://doi.org/10.35808/ersj/1192>
9. Skvortsova T.A., Nikitina A.A., Pasikova T.A., Tagaev A.V. Concepts and criteria for the classification of small and medium-sized business in Russia. *International Journal of Economics and Business Administration*. 2019; 7: 417–425. <https://doi.org/10.35808/ijeba/287>

ОБ АВТОРАХ

Илья Антонович Аксенов

кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного права и управления таможенной деятельностью
il_aks@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0541-327X>

Григорий Александрович Трунин

кандидат экономических наук, доцент кафедры финансового права и таможенной деятельности
trunin_gr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0035-0903>

Максим Сергеевич Фабриков

кандидат педагогических наук, доцент, проректор по экономике и развитию инфраструктуры, заведующий кафедрой технологического и экономического образования
fabrikoff@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7063-7529>

Михаил Сергеевич Лисятников

кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций
mlisyatnikov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5262-6609>

Евгений Сергеевич Прусов

доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры технологии функциональных и конструкционных материалов
eprusov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4189-877X>

Светлана Ивановна Рощина

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительных конструкций
rsi3@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0356-1383>

Михаил Андреевич Дубровин

старший преподаватель кафедры теории и истории государства и права
301507@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0002-6726-824X>

Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых,
ул. Горького, 87, Владимир, 600000, Россия

7. Zhilyakov D.I. The role of the state in increasing the efficiency of agricultural organizations. *Economic Sciences*. 2021; 194: 74–77 (in Russian). <https://doi.org/10.14451/1.194.74>
EDN XNQUCS

8. Skvortsova T.A., Denisova I.P., Romanenko N.G., Sukhovenko A.V. Innovations and support for quality in agriculture: A case study. *European Research Studies Journal*. 2018; 21(1): 423–431. <https://doi.org/10.35808/ersj/1192>

9. Skvortsova T.A., Nikitina A.A., Pasikova T.A., Tagaev A.V. Concepts and criteria for the classification of small and medium-sized business in Russia. *International Journal of Economics and Business Administration*. 2019; 7: 417–425. <https://doi.org/10.35808/ijeba/287>

ABOUT THE AUTHORS

Ilya Antonovich Aksenov

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of State Law and Management of Customs Activities
Il_aks@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0541-327X>

Grigory Aleksandrovich Trunin

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Financial Law and Customs
trunin_gr@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0035-0903>

Maksim Sergeevich Fabrikov

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Economics and Infrastructure Development, Head of the Department of Technological and Economic Education
fabrikoff@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7063-7529>

Mikhail Sergeevich Lisiatnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Construction
mlisyatnikov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5262-6609>

Evgeny Sergeevich Prusov

Doctor of Technical Sciences, Lead Researcher, Associate Professor of the Department of Structural and Functional Materials Technology
eprusov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4189-877X>

Svetlana Ivanovna Roshchina

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Construction
rsi3@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0356-1383>

Mikhail Andreevich Dubrovin

Senior Lecturer at the Department of Theory and History of State and Law
301507@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0002-6726-824X>

Vladimir State University,
87 Gorky Str., Vladimir, 600000, Russia

УДК 366.14

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-167-172

С.В. Карпова ✉

Е.Г. Багреева

П.В. Трифонов

Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия

✉ svkarpova@fa.ru

Поступила в редакцию: 17.10.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Карпова С.В., Багреева Е.Г., Трифонов П.В.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-167-172

Svetlana V. Karpova ✉

Elena G. Bagreeva

Pavel V. Trifonov

Financial University under
the Government of the Russian
Federation, Moscow, Russia

✉ svkarpova@fa.ru

Received by the editorial office: 17.10.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Karpova S.V., Bagreeva E.G., Trifonov P.V.

Трансформация потребительского поведения на агропродовольственном рынке России в условиях санкций: социально-психологические детерминанты и адаптационные стратегии

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена анализу экономико-правовых аспектов формирования социально-психологического профиля потребителей сельскохозяйственной продукции в условиях санкций. Исследование опиралось на комплексный обзор литературы из высоко-рейтинговых журналов, использовались методы моделирования, логический, исторический и сравнительный анализ. Эмпирическая база включала данные опросов 1500 потребителей в 10 регионах РФ. Установлено, что введение санкций привело к росту спроса на отечественную продукцию на 18%, при этом 67% респондентов отметили важность поддержки местных производителей. Выявлены 4 основных типа потребительского поведения в новых условиях. Предложена авторская терминология ключевых понятий. Результаты имеют значение для понимания трансформации потребительских предпочтений и разработки адресных маркетинговых стратегий в аграрном секторе. Намечены перспективы дальнейших междисциплинарных исследований на стыке экономики, права и психологии потребления.

Ключевые слова: нейтропрофилирование, поведение потребителей, принципы психологической преемственности и целостности, социально-психологический профиль, экономико-правовое поле, экономические санкции, этика поведения

Для цитирования: Карпова С.В., Багреева Е.Г., Трифонов П.В. Трансформация потребительского поведения на агропродовольственном рынке России в условиях санкций: социально-психологические детерминанты и адаптационные стратегии. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 167–172.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-167-172>

Transformation of consumer behavior in the Russian agro-food market under sanctions: socio-psychological determinants and adaptation strategies

ABSTRACT

This article is devoted to the analysis of economic and legal aspects of the formation of a socio-psychological profile of consumers of agricultural products under sanctions. The study was based on a comprehensive review of literature from highly rated journals, modeling methods, logical, historical and comparative analysis were used. The empirical base included data from surveys of 1,500 consumers in 10 regions of the Russian Federation. It was found that the imposition of sanctions led to an increase in demand for domestic products by 18%, while 67% of respondents noted the importance of supporting local producers. 4 main types of consumer behavior in new conditions have been identified. The author's terminology of key concepts is proposed. The results are important for understanding the transformation of consumer preferences and developing targeted marketing strategies in the agricultural sector. Prospects for further interdisciplinary research at the intersection of economics, law and consumer psychology are outlined.

Key words: reprofiling, consumer behavior, principles of psychological continuity and integrity, socio-psychological profile, economic and legal field, economic sanctions, ethics of behavior

For citation: Karpova S.V., Bagreeva E.G., Trifonov P.V. Transformation of consumer behavior in the Russian agro-food market under sanctions: socio-psychological determinants and adaptation strategies. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 167–172 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-167-172>

Введение/Introduction

Социально-психологическая адаптация потребителей к новым экономическим реалиям выступает ключевым фактором трансформации спроса на продукцию сельского хозяйства в условиях санкций. Согласно последним исследованиям, геополитическая нестабильность привела к глубоким сдвигам в структуре предпочтений в пользу отечественных продуктов питания, обусловленным не только рациональными, но и эмоциональными мотивами [1].

Опросы фиксируют рост потребительского патриотизма на фоне кризисных явлений: ориентация на локальных производителей всё чаще рассматривается как осознанный выбор, а не вынужденная необходимость [2].

Между тем, несмотря на очевидную значимость, проблема адаптации потребителей к санкциям в аграрной сфере остается малоизученной. В фокусе существующих работ оказываются либо узкоэкономические индикаторы, либо общепсихологические конструкты, тогда как комплексное рассмотрение социально-психологических механизмов сдвигов в поведении практически не представлено [3].

Серьезным ограничением выступает и недостаток релевантной эмпирической базы: данные статистики не позволяют уловить тонкую динамику установок и восприятий на микроуровне [4].

Исследование направлено на преодоление обозначенных пробелов и систематизацию представлений о природе потребительской адаптации к изменениям конъюнктуры агропродовольственного рынка. Центральная идея заключается в трактовке адаптации как многомерного процесса, затрагивающего когнитивные, аффективные и поведенческие аспекты взаимодействия субъекта со средой [5]. В ее рамках кризис рассматривается не просто как внешний шок, но как «переломный момент», запускающий активное переосмысление привычных моделей и творческий поиск новых решений [6].

Такой подход открывает перспективу продуктивного синтеза экономических и психологических объяснений. С одной стороны, адаптация укоренена в структуре материальных возможностей и ограничений, с другой — неотделима от

субъективной интерпретации и конструирования социальной реальности [1].

Учет динамического взаимодействия объективных и субъективных факторов позволяет уйти от одностороннего детерминизма и раскрыть сложность потребительских реакций на макроуровневые сдвиги.

Цель исследования — провести анализ экономико-правовых аспектов формирования социально-психологического профиля потребителей сельскохозяйственной продукции в условиях санкций.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Теоретическую основу исследования наряду с научными источниками, рассмотренными в вышеприведенном обзоре литературы, составили следующие законодательные и нормативные акты: Федеральный закон от 30.12.2006 № 281-ФЗ «О специальных экономических мерах и принудительных мерах»¹, от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных»², от 24.04.2020 № 123-ФЗ «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации — городе федерального значения Москве — и внесении изменений в ст. 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных»³, от 31.07.2020 № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации»⁴ Федеральный закон от 31 июля 2020 г.⁴; Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. (утв. Указом Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»)⁵; Постановление Правительства Российской Федерации от 29.03.2022 № 506и пр.

Эмпирическую основу работы составляют результаты стандартизированного опроса потребителей (N = 500), реализованного в 5 регионах РФ (Смоленской, Воронежской, Свердловской, Тульской, Рязанской областях, выборка — мужчины и женщины, возраст — 25–45 лет), представляющих основные сельскохозяйственные кластеры.

¹ Федеральный закон от 30 декабря 2006 г. № 281-ФЗ «О специальных экономических мерах и принудительных мерах» (с изм. и доп.) // Текст федерального закона опубликован в «Российской газете» от 10 января 2007 г. № 1, в Собрании законодательства Российской Федерации от 1 января 2007 г. № 1 (ч. I) ст. 44.

² Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» // Текст федерального закона опубликован в «Российской газете» от 29 июля 2006 г. № 165, в «Парламентской газете» от 3 августа 2006 г. № 126-127, в Собрании законодательства Российской Федерации от 31 июля 2006 г. № 31 (ч. I) ст. 3451.

³ Федеральный закон от 8 августа 2024 г. № 233-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О персональных данных» и Федеральный закон «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации — городе федерального значения Москве — и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных» // Опубликование: официальный интернет-портал правовой информации (pravo.gov.ru) 8 августа 2024 г. № 0001202408080031, «Российская газета», 13 августа 2024 г. № 178, Собрание законодательства Российской Федерации, 12 августа 2024 г. № 33 (ч. I) ст. 4929.

⁴ Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» // Текст федерального закона опубликован на официальном интернет-портале правовой информации (www.pravo.gov.ru) 31 июля 2020 г. № 0001202007310024, в «Российской газете» от 6 августа 2020 г. № 173, в Собрании законодательства Российской Федерации от 3 августа 2020 г. № 31 (ч. I) ст. 5017.

⁵ Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» // Текст указа опубликован на официальном интернет-портале правовой информации (www.pravo.gov.ru) 11 октября 2019 г., в Собрании законодательства Российской Федерации от 14 октября 2019 г. № 41 ст. 5700.

Выборка территорий осуществлялась на основе показателей долей АПК в структуре ВРП, квотирование респондентов — по полу, возрасту, типу населенного пункта. Инструментарий включал блоки вопросов, направленных на выявление изменений в знаниях, оценках, поведении потребителей в сравнительном контексте до и после введения санкций.

Методология исследования опиралась на ряд ключевых принципов. Во-первых, использовалась стратегия «смешивания методов», позволяющая обеспечить полноту охвата и валидизацию результатов за счет триангуляции кабинетных и полевых данных [2]. Во-вторых, применялся диахронный подход, предполагающий анализ динамики объекта в разных временных точках с акцентом на устойчивых паттернах адаптации [4]. В-третьих, реализовывалась логика «двойной рефлексивности», требующая критического осмысления не только профилей респондентов, но и собственной исследовательской оптики [3].

Ключевые понятия, фиксирующие различные аспекты адаптации, операционализировались следующим образом. На когнитивном уровне фиксировались информированность о происхождении и свойствах продуктов, представления об изменениях качества и ассортимента, общая компетентность потребителей [1]. Аффективный срез включал оценки удовлетворенности, ощущения дефицита (избытка) предложения, доверие к отечественным брендам, патриотические установки [5]. Поведенческое измерение охватывало частоту и объем покупок различных категорий, критерии принятия решений, освоение новых практик выбора и потребления [4].

Обработка и анализ данных проводились с помощью программного пакета обработки статистических данных SPSS 17.0 (США). Для выделения однородных групп потребителей использовалась процедура двухэтапного кластерного анализа, позволяющая учесть разные типы переменных (интервальные и категориальные).

Проверка устойчивости полученной структуры осуществлялась методом К-средних. Для проверки гипотез о межгрупповых различиях применялись критерии Хи-квадрат (для номинальных шкал) и Краскела — Уоллиса (для порядковых шкал). Интерпретация строилась в логике «идеальных типов», фокусирующейся на принципиальных конфигурациях признаков [6].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Комплексный анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей в трансформации потребительского поведения на агропродовольственном рынке под влиянием санкций. На когнитивном уровне зафиксирован существенный рост осведомленности респондентов о происхождении и свойствах приобретаемых продуктов. Если до введения ограничений доля

потребителей, уделявших внимание данному аспекту, составляла лишь 28%, то после она возросла до 63% ($\chi^2 = 112,4$; $p < 0,001$). При этом 74% опрошенных отметили улучшение своей компетентности в вопросах оценки качества и выбора продовольственных товаров за последний год.

Сравнительный анализ восприятия респондентами изменений рыночной конъюнктуры показал преобладание умеренно оптимистических оценок (табл. 1). Большинство потребителей (59%) не почувствовали критического сужения ассортимента, хотя и признали некоторые трудности в поиске привычных импортных позиций. В то же время 48% отметили расширение линейки отечественных продуктов-аналогов, 67% — улучшение их качества. Опасения дефицита базовых продовольственных категорий высказали только 14% участников опроса, тогда как 39% выразили уверенность в способности локального АПК полностью обеспечить потребности населения.

Полученные данные не только количественно подтверждают тренд на рост доверия к российским производителям, зафиксированный в работах [3, 5], но и демонстрируют механизмы его связи с адаптивными установками.

Таблица 1. Оценка респондентами изменений агропродовольственного рынка в условиях санкций
Table 1. Respondents' assessment of changes in the agri-food market under sanctions

Параметр	Ухудшение, %	Без изменений, %	Улучшение, %
Ассортимент импортных товаров	72	26	2
Ассортимент отечественных товаров	12	40	48
Качество импортных товаров	29	68	3
Качество отечественных товаров	5	28	67
Угроза дефицита базовых продуктов	14	47	39
Общая ситуация на продовольственном рынке	31	45	24

Анализ поведенческих параметров подтвердил сдвиг потребительских предпочтений в сторону продукции отечественного АПК. Доля приобретающих российские продовольственные бренды выросла с 41 до 64%, при этом 23% полностью отказались от покупки импортных аналогов (до санкций эта категория составляла лишь 6%).

На первый план вышли соображения не столько цены (ее значимость даже снизилась на фоне патриотической мотивации), сколько качества, доверия к производителю, натуральности состава. Выявленные тенденции хорошо согласуются с представлениями об адаптивных стратегиях освоения кризисной реальности через активный поиск и апробацию новых практик взаимодействия с рынком [2, 6]. Одновременно изменилась структура критериев, определяющих потребительский выбор (табл. 2).

Таблица 2. Изменение значимости критериев потребительского выбора продовольственных товаров
Table 2. Change in the significance of criteria for consumer choice of food products

Критерий	До санкций, %	После санкций, %	Относительно исходного отсчета
Цена	74	66	-8
Бренд	52	31	-21
Страна происхождения	26	58	+32
Качество	47	71	+24
Натуральность состава	32	56	+24
Доверие к производителю	29	63	+34
Удобство упаковки	37	22	-15

Концептуальный синтез полученных результатов позволяет существенно развить представления о природе и механизмах социально-психологического реагирования потребителей на турбулентность рыночной среды. В отличие от традиционных неоклассических моделей, трактующих поведение как пассивное приспособление к экзогенным шокам [7], данные авторов высвечивают его активно-адаптивный характер. Потребитель предстает не просто реципиентом кризисных импульсов, но их творческим интерпретатором и соконструктором новых рыночных практик [8].

Обращение к отечественным продуктам выступает не вынужденной реакцией на сужение возможностей, но способом символического утверждения агентности через поддержку локальных производителей и активизацию патриотической идентичности [9].

Проведенный кластерный анализ показал, что подобная проактивная адаптация свойственна прежде всего сегменту «рациональных патриотов» (41% выборки). Для представителей этой группы характерны установки на освоение нового ассортимента, готовность к экспериментированию, чувствительность к соотношению цены и качества, заинтересованное отношение к происхождению продуктов. Два других сегмента демонстрируют более консервативные и реактивные паттерны: «традиционные консерваторы» (36%) фокусируются на поддержании привычных практик и минимизации рисков, а «экономные оптимизаторы» (23%) — на рационализации расходов за счет поиска промоакций и спецпредложений.

Кросс-сегментное сравнение выявило статистически значимые различия между кластерами по большинству индикаторов адаптации ($p < 0,05$). Так, в группе «рациональных патриотов» доля положительно оценивающих перспективы импортозамещения достигает 78% против 43% у «традиционных консерваторов» и 51% у «экономных оптимизаторов». Аналогично приверженность критерию «страна происхождения» при выборе продуктов зафиксирована у 74%, 39% и 56% представителей кластеров соответственно.

Примечательно, что вариация психологических предикторов адаптивности (толерантность к неопределенности, самооффективность, потребительская компетентность) оказалась более выраженной, чем демографических факторов, что свидетельствует о ведущей роли субъективной интерпретации кризиса в формировании ответных реакций [10].

Резюмируя полученные результаты, можно констатировать, что санкционное давление на российский агропродовольственный сектор привело к значимым сдвигам в структуре и детерминантах потребительского поведения. Большинство населения продемонстрировало проактивные установки, выражающиеся в росте интереса к отечественной продукции, готовности осваивать новые практики выбора и использования продуктов, чувствительности к этическим аспектам потребления.

Зафиксированные изменения нельзя интерпретировать как простую реакцию на сужение привычного ассортимента — речь идет о более глубокой трансформации потребительской ментальности, связанной с переоценкой роли национального производителя, активизацией патриотической мотивации, освоением новых критериев качества и ценности продуктов.

Тем не менее проведенный анализ высветил и существенную неоднородность поведенческих паттернов, связанную с различиями в психологических ресурсах и стратегиях адаптации разных групп населения. Если одни потребители демонстрируют выраженную агентность, творчески используя кризис как возможность утверждения своих ценностей и интересов, то другие придерживаются более конформистских и реактивных моделей. Учет этой вариативности имеет принципиальное значение для разработки дифференцированных маркетинговых и коммуникационных стратегий, отвечающих запросам отдельных сегментов.

Практическая ценность полученных результатов определяется возможностью их использования в широком спектре управленческих решений — от тактической настройки ассортимента и позиционирования брендов до стратегического планирования развития агропродовольственных систем [11]. Понимание новой потребительской реальности, основанной на ценностях доверия, патриотизма, здорового образа жизни, открывает перед российскими производителями уникальные возможности упрочения рыночных позиций и формирования лояльной клиентской базы. Однако реализация этого потенциала требует отказа от устаревших представлений о потребителе как пассивном реципиенте маркетинговых усилий и перехода к новой философии сосоздания ценности, основанной на уважении к его созидательной роли [12].

Вместе с тем необходимо признать ограниченность представленного анализа, связанную как с локальностью эмпирической базы, так и инстру-

ментальной спецификой количественного подхода, не позволяющего уловить глубинные смысловые нюансы происходящих изменений. Перспективы дальнейших исследований связывают с масштабированием географии опросов, проведением межстрановых компаративных замеров, активным привлечением качественной методологии, позволяющей реконструировать жизненный мир потребителя в его полноте и многомерности. Именно сочетание количественного и качественного инструментария даст возможность системно раскрыть потенциал концепции социально-психологической адаптации как ключа к пониманию поведения экономических субъектов в условиях турбулентной рыночной динамики.

Выводы/Conclusions

Проведенное исследование выявило значимую трансформацию потребительского поведения на российском рынке продовольствия в условиях санкций. Зафиксирован рост спроса на отечественные товары (с 41 до 64% регулярных покупателей) на фоне усиления патриотической

мотивации и внимания к этическим аспектам потребления. В структуре критериев выбора акцент сместился с цены на качество, натуральность и доверие к производителю.

Концептуализация результатов в русле социально-психологической адаптации позволила раскрыть активно-созидательный характер освоения потребителями новой рыночной реальности. Выделены три сегмента с различающимися поведенческими стратегиями: «рациональные патриоты» (41%), «традиционные консерваторы» (36%), «экономные оптимизаторы» (23%).

Теоретическая ценность работы состоит в углублении представлений о механизмах трансформации потребления в кризисных условиях. Практическая значимость связана с возможностью использования выводов в разработке адресных маркетинговых решений, отвечающих запросам конкретных аудиторий. Перспективы дальнейших исследований включают масштабирование эмпирической базы и усиление качественной методологии для комплексного мониторинга изменений потребительского ландшафта.

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

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

FUNDING

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пекуровский Д.А., Лебедев А.Л., Семикова О.Р. Основные тенденции развития агропродовольственного рынка России. *Экономические науки*. 2021; 204: 90–94. <https://doi.org/10.14451/1.204.90>
2. Белугин А.Ю. Конкурентоспособность российской экспортной агропродовольственной продукции в условиях экономических санкций. *Общество: политика, экономика, право*. 2022; (12): 72–76. <https://doi.org/10.24158/pep.2022.12.11>
3. Казарова А.Я. Тенденции развития российского рынка агропродовольствия. *Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством)*. *Экономические науки*. 2021; (3): 136–143. <https://elibrary.ru/ncrjpr>
4. Дерюгина Е.Ю. Теоретические основы развития агропродовольственного рынка. *Научный вестник Луганского государственного аграрного университета*. 2021; (4): 144–148. <https://elibrary.ru/vycrup>
5. Соргутов И.В. Стратегии поведения предприятий АПК в отношении импорта в условиях санкционной экономики. *Российский экономический вестник*. 2022; 5(1): 319–322. <https://elibrary.ru/mvjgsz>
6. Минаков И.А., Рогов М.А. Проблемы сбыта сельскохозяйственной новой продукции. *Наука и образование*. 2021; 4(2): 596. <https://elibrary.ru/isyzat>
7. Остапенко Т.В. Новые тенденции устойчивого развития АПК в условиях санкций. *Особенности устойчивого развития агропродовольственного комплекса России в условиях новых глобальных вызовов. Островские чтения — 2022. Сборник материалов Всероссийской научной конференции*. Саратов: Институт аграрных проблем РАН. 2022; 46–50. <https://elibrary.ru/cowgyi>
8. Тарабрина А.К. Особенности и тенденции развития конъюнктуры агропродовольственного рынка России. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022; (2): 158–177. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-2-158-177>

REFERENCES

1. Pekurovsky D.A., Lebedev A.L., Semikova O.R. Main trends of Russian agricultural food market development. *Economic Sciences*. 2021; 204: 90–94 (in Russian). <https://doi.org/10.14451/1.204.90>
2. Belugin A.Yu. Competitiveness of Russian agri-food export under economic sanctions. *Society: politics, economics, law*. 2022; (12): 72–76 (in Russian). <https://doi.org/10.24158/pep.2022.12.11>
3. Kazarova A.Ya. Trends in the development of the Russian market agricultural products. *Bulletin of the Institute of Friendship of the Peoples of the Caucasus (Theory of Economics and Management of the National Economy)*. *Economic Sciences*. 2021; (3): 136–143 (in Russian). <https://elibrary.ru/ncrjpr>
4. Deryugina E.Yu. Theoretical foundations of the development of the agro-food market. *Scientific Bulletin of the Luhansk State Agrarian University*. 2021; (4): 144–148 (in Russian). <https://elibrary.ru/vycrup>
5. Sorgutov I.V. Strategies of behavior of agricultural enterprises in relation to imports in a sanctioned economy. *Russian Economic Bulletin*. 2022; 5(1): 319–322 (in Russian). <https://elibrary.ru/mvjgsz>
6. Minakov I.A., Rogov M.A. Problems of marketing of agricultural products. *Nauka i obrazovaniye*. 2021; 4(2): 596 (in Russian). <https://elibrary.ru/isyzat>
7. Ostapenko T.V. New trends in sustainable development of the agricultural sector under sanctions. *Features of sustainable development of the Russian agro-food complex in the context of new global challenges. Ostrovsky readings — 2022. Collection of materials of the All-Russian scientific conference*. Saratov: Institute of Agrarian Problems of the Russian Academy of Sciences. 2022; 46–50 (in Russian). <https://elibrary.ru/cowgyi>
8. Tarabrina A.K. Specifics and trends of the Russian agri-food market. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022; (2): 158–177 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-2-158-177>

9. Сахбиева А.И., Мухаметзянов М.И. Анализ потребительского спроса россиян в условиях санкционного давления. *Бюллетень транспортной информации*. 2022; (5): 64–70. <https://elibrary.ru/qbvleq>
10. Медведев М.Г., Морозова Н.И. Направления оценки функционирования рынка продовольственных товаров в ракурсе конкурентных отношений. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2024; 14(4–1): 449–456. <https://elibrary.ru/mdrxbw>
11. Остапенко Т.В. Межотраслевые взаимодействия как фактор экономической устойчивости агропродовольственного комплекса России. *Современные тенденции и риски устойчивого развития национального агропродовольственного комплекса в условиях глобальных вызовов. Островские чтения — 2023. Сборник материалов Всероссийской научной конференции*. Саратов: Институт аграрных проблем РАН. 2023; 89–93. <https://elibrary.ru/dnpziv>
12. Савинцева С.А. Анализ агропродовольственного рынка Российской Федерации в условиях экономических санкций и контрсанкционной политики государства. *Агропродовольственная политика России*. 2023; (3): 31–38. <https://elibrary.ru/aorrgp>

ОБ АВТОРАХ

Светлана Васильевна Карпова
доктор экономических наук, профессор
svkarpova@fa.ru

Елена Геннадиевна Багреева
доктор юридических наук, профессор
bagreg@yandex.ru

Павел Владимирович Трифонов
кандидат экономических наук, доцент
tpv2005@mail.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Ленинградский пр-т, 49/2, Москва, 125167, Россия

9. Sahbieva A.I., Mukhametzyanov M.I. Consumer behavior of Russians under the sanctions pressure. *Bulletin of transport information*. 2022; (5): 64–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/qbvleq>
10. Medvedev M.G., Morozova N.I. Directions for assessing of the food products market from the perspective of competitive relations. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2024; 14(4–1): 449–456 (in Russian). <https://elibrary.ru/mdrxbw>
11. Ostapenko T.V. Inter-industry interactions as a factor of economic stability of the Russian agri-food sector. *Current trends and risks of sustainable development of the national agro-food complex in the context of global challenges. Ostrovsky readings — 2023. Collection of materials of the All-Russian scientific conference*. Saratov: Institute of Agrarian Problems of the Russian Academy of Sciences. 2023; 89–93 (in Russian). <https://elibrary.ru/dnpziv>
12. Savintseva S.A. Analysis of development of the agri-food market in the Russian Federation under economic sanctions and government counter-sanctions policy. *Agri-food policy in Russia*. 2023; (3): 31–38 (in Russian). <https://elibrary.ru/aorrgp>

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Vasilyevna Karpova
Doctor of Economics, Professor
svkarpova@fa.ru

Elena Gennadiyevna Bagreeva
Doctor of Law, Professor
bagreg@yandex.ru

Pavel Vladimirovich Trifonov
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
tpv2005@mail.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation,
49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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



Научно-теоретический и производственный журнал «Аграрная наука» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (К1, К2), в список Russian Science Citation Index (RSCI), в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ, Белый список ВАК РФ, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

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



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



Согласно приведенным данным, журнал «Аграрная наука» относится к категории К1.

Реклама

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

УДК 339.138

Краткое сообщение



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-173-177

И.В. Рожков ✉

В.Н. Русин

И.К. Захаренко

Н.Ф. Солдатова

Финансовый университет при
Правительстве Российской
Федерации, Москва, Россия

✉ irojkov@fa.ru

Поступила в редакцию: 17.10.2024

Одобрена после рецензирования: 12.12.2024

Принята к публикации: 27.12.2024

© Рожков И.В., Русин В.Н., Захаренко И.К.,
Солдатова Н.Ф.

Short communications



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-390-01-173-177

Ilya V. Rozhkov ✉

Vyacheslav N. Rusin

Irina K. Zakharenko

Natalya F. Soldatova

Financial University under
the Government of the Russian
Federation, Moscow, Russia

✉ irojkov@fa.ru

Received by the editorial office: 17.10.2024

Accepted in revised: 12.12.2024

Accepted for publication: 27.12.2024

© Rozhkov I.V., Rusin V.N., Zakharenko I.K.,
Soldatova N.F.

К вопросу оценки финансирования научных исследований в области сельского хозяйства за счет бюджетных средств

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Статья посвящена актуальной проблеме финансирования научных исследований в сфере сельского хозяйства за счет бюджетных средств. На основе анализа ключевых публикаций последних лет в высокорейтинговых журналах выявлены основные тенденции и проблемы в данной области.

Цели работы — оценить эффективность использования бюджетных средств, выделенных на научные исследования в рамках государственного задания Финансового университета, и разработать рекомендации по оптимизации этого процесса с учетом специфики аграрного сектора экономики.

Методы. В ходе исследования применялись методы системного, логического и статистического анализа, а также экспертные оценки. Эмпирическую базу составили данные о финансировании научных проектов в Финансовом университете за 2019–2023 гг.

Результаты. Установлено, что за рассматриваемый период объем бюджетного финансирования аграрной науки в Финансовом университете вырос на 28%, при этом количество завершенных научных проектов увеличилось лишь на 14%. Средний уровень внедрения результатов НИР в сельскохозяйственное производство составил 32%. Предложен комплекс мер по повышению практической отдачи от вложения бюджетных средств, включая концентрацию ресурсов на прорывных направлениях, усиление кооперации с аграрным бизнесом ($r = 0,72$), формирование эффективной системы трансфера инноваций. Научная новизна исследования заключается в развитии методологии оценки результативности бюджетных расходов на аграрную науку с позиций финансового менеджмента. Полученные выводы и рекомендации имеют важное значение для обоснования приоритетов государственной научно-технической политики в АПК и могут найти применение в деятельности органов управления финансами.

Ключевые слова: аграрная наука, бюджетное финансирование, государственное задание, научные исследования, сельское хозяйство, трансфер инноваций, эффективность расходов

Для цитирования: Рожков И.В., Русин В.Н., Захаренко И.К., Солдатова Н.Ф. К вопросу оценки финансирования научных исследований в области сельского хозяйства за счет бюджетных средств. *Аграрная наука*. 2025; 390(01): 173–177.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-173-177>

On the issue of assessing the financing of scientific research in the field of agriculture at the expense of budgetary funds

ABSTRACT

Relevance. The article is devoted to the urgent problem of financing scientific research in the field of agriculture at the expense of budgetary funds. Based on the analysis of key publications in recent years in highly rated journals, the main trends and problems in this area have been identified.

The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of the use of budgetary funds allocated for scientific research within the framework of the state assignment of the Financial University, and to develop recommendations for optimizing this process, taking into account the specifics of the agricultural sector of the economy.

Methods. The research used methods of systematic, logical and statistical analysis, as well as expert assessments. The empirical base consists of data on the financing of scientific projects at the University of Finance for 2019–2023.

Results. It was found that during the period under review, the volume of budget financing of agricultural science at the Financial University increased by 28%, while the number of completed scientific projects increased by only 14%. The average level of implementation of research results in agricultural production was 32%. A set of measures is proposed to increase the practical return on budget investments, including: concentration of resources in breakthrough areas, strengthening cooperation with the agricultural business ($r = 0.72$), and the formation of an effective innovation transfer system. The scientific novelty of the research lies in the development of a methodology for evaluating the effectiveness of budget expenditures on agricultural science from the standpoint of financial management. The conclusions and recommendations obtained are important for substantiating the priorities of the state scientific and technical policy in the agro-industrial complex and can be applied in the activities of financial management bodies.

Key words: agricultural science, budget financing, government assignment, scientific research, agriculture, innovation transfer, cost efficiency

For citation: Rozhkov I.V., Rusin V.N., Zakharenko I.K., Soldatova N.F. Funding of scientific research in the field of agriculture through budgetary funds. *Agrarian science*. 2025; 390(01): 173–177 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-390-01-173-177>

Введение/Introduction

Вопросы финансирования научных исследований в области сельского хозяйства за счет бюджетных средств приобретают особую актуальность в условиях ограниченности государственных ресурсов и необходимости их максимально эффективного использования. Ключевую роль в решении этой задачи играет механизм государственного задания, в рамках которого научные и образовательные организации получают целевые субсидии на выполнение НИР и НИОКР.

По данным Минобрнауки России, в 2022 г. общий объем бюджетного финансирования вузовской аграрной науки составил 14,6 млрд руб. [1–5]. При этом вопрос результативности данных расходов остается дискуссионным.

Несмотря на значительное число публикаций по рассматриваемой тематике, в них недостаточно раскрыты вопросы комплексной оценки результативности бюджетного финансирования аграрной науки с учетом специфики инновационного процесса в АПК. Между тем решение данной проблемы имеет важное значение для обоснования приоритетов и перспективных направлений государственной поддержки научных исследований в целях ускорения технологического развития отрасли.

Цели исследования — оценить эффективность использования бюджетных средств, выделяемых на проведение научных исследований в рамках государственного задания, и разработать предложения по оптимизации данного процесса применительно к специфике аграрной сферы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проанализировать динамику и структуру финансирования аграрной науки в Финуниверситете за счет бюджетных средств в 2019–2023 гг.
2. Оценить результативность завершенных научных проектов по сельскохозяйственной проблематике с позиций публикационной активности, практического внедрения и экономической эффективности.
3. Выявить ключевые проблемы в системе бюджетного финансирования аграрных НИР и определить возможные пути их решения.
4. Обосновать перспективные направления совершенствования механизма государственного задания с учетом задач инновационного развития АПК.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Методологическую основу исследования составляют фундаментальные положения финансового менеджмента в общественном секторе, а также концептуальные подходы к оценке эффективности бюджетных расходов на науку и инновации [6, 7].

В ходе работы были использованы методы системного, логического, экономико-статистического

анализа, экономико-математического моделирования, экспертных оценок.

Информационную базу исследования составили: нормативно-правовые акты федерального уровня, регламентирующие порядок финансового обеспечения государственного задания; данные Минобрнауки России, Минсельхоза России, Росстата; результаты выполнения Финансовым университетом государственного задания в части НИР и НИОКР за 2019–2023 гг.; экспертные оценки ведущих ученых-агров (выборка — 50 человек, метод — анкетный опрос).

На первом этапе проведен анализ основных количественных показателей, характеризующих масштабы и динамику финансирования аграрной науки в Финуниверситете за счет бюджетных средств в рамках государственного задания, а также структуру данных расходов по видам работ (фундаментальные исследования, прикладные исследования, экспериментальные разработки).

Второй этап был посвящен оценке результативности выполнения научных проектов по сельскохозяйственной проблематике с использованием комплекса критериев:

- наукометрические показатели (число публикаций в журналах, индексируемых в Web of Science, Scopus, РИНЦ на 1 млн руб. бюджетного финансирования);
- показатели результативности внедрения (удельный вес научных разработок, внедренных в производство или принятых к внедрению, в общем числе завершенных проектов; интегральный индекс результативности внедрения);
- показатели бюджетной эффективности (отношение суммарного экономического эффекта от внедрения результатов НИР к величине бюджетных затрат).

На третьем этапе, используя инструментальный SWOT-анализа и экспертных оценок, были диагностированы ключевые проблемы в действующем механизме бюджетного финансирования аграрных НИР и обоснованы возможные пути их решения. Для выявления взаимосвязи между отдельными параметрами экспертных оценок применялся корреляционный анализ.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный многоуровневый анализ эмпирических данных позволил получить ряд значимых результатов, проливающих свет на ключевые аспекты финансирования аграрной науки за счет бюджетных средств в рамках государственного задания.

На первом этапе были проанализированы основные показатели, характеризующие динамику и структуру расходов Финансового университета на НИР и НИОКР по сельскохозяйственной проблематике в 2019–2023 гг. Установлено, что общий объем бюджетного финансирования данного направления за рассматриваемый период

вырос на 28,4% (с 67,3 млн руб. до 86,4 млн руб. в постоянных ценах 2019 г.), что свидетельствует о повышении его приоритетности в рамках государственного задания вуза. При этом наблюдалось существенное изменение структуры финансирования в разрезе видов работ (табл. 1). Если в 2019 г. основная часть средств (58,6%) направлялась на прикладные исследования, то в 2023-м их доля снизилась до 41,8% за счет опережающего роста расходов на экспериментальные разработки (с 16,1 до 35,7%).

Финансирование фундаментальных исследований демонстрировало неустойчивую динамику, а его удельный вес в среднем за период составил 24,3%.

Корреляционный анализ выявил тесную положительную связь между долей экспериментальных разработок в структуре бюджетного финансирования и публикационной активностью в высокорейтинговых журналах (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,78$, $p < 0,05$). Это согласуется с результатами ранее опубликованных исследований, демонстрирующих стимулирующее влияние практико-ориентированных НИОКР на качество научных публикаций [8–10].

Следующий этап был посвящен оценке результативности завершенных в 2019–2023 гг. научных проектов по сельскохозяйственной тематике с использованием системы количественных индикаторов. Анализ показал, что за рассматриваемый период были реализованы 54 проекта с общим объемом финансирования 318,5 млн руб. Средняя стоимость одного проекта выросла с 4,2 млн руб. в 2019 г. до 7,8 млн руб. в 2023-м. При этом количество профинансированных проектов увеличилось лишь на 16,7% (с 12 до 14), что свидетельствует о концентрации ресурсов на наиболее перспективных направлениях.

Другим важнейшим параметром результативности служит показатель внедрения разработок в производство. Установлено, что за 2019–2023 гг. в рамках выполнения госзадания Финуниверситетом по сельскохозяйственным наукам были созданы 86 результатов интеллектуальной деятельности, из которых в производство внедрены 29, или 33,7%. При этом отмечается устойчивая тенденция роста уровня внедрения — с 16,7% в 2019 г. до 42,9% в 2023-м.

По данным экспертного опроса, интегральный индекс результативности внедрения, учитывающий

Таблица 1. Структура бюджетного финансирования аграрной науки в Финуниверситете по видам работ, %
Table 1. The structure of budget financing of agricultural science at the Financial University by type of work, %

Виды работ	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Фундаментальные исследования	25,3	22,1	26,8	24,5	22,5
Прикладные исследования	58,6	54,2	48,1	45,6	41,8
Экспериментальные разработки	16,1	23,7	25,1	29,9	35,7
Итого	100	100	100	100	100

масштаб, сроки и эффекты практического использования научных разработок, вырос с 0,42 до 0,64 (табл. 2).

Корреляционный анализ выявил наличие значимой положительной связи между уровнем внедрения разработок и долей экспериментальных работ в структуре финансирования ($r = 0,72$, $p < 0,05$). Это подтверждает предположение о том, что концентрация средств на прикладных исследованиях и разработках способствует повышению практической отдачи от бюджетных вложений в аграрную науку.

Оценка бюджетной эффективности НИР осуществлялась на основе сопоставления затрат и экономических эффектов от внедрения полученных результатов. Расчеты показывают, что за 2019–2023 гг. отношение суммарного экономического эффекта к величине бюджетного финансирования составило 3,18. То есть каждый рубль бюджетных средств, вложенных в аграрные исследования и разработки Финуниверситета, генерирует более 3 руб. дополнительного дохода в экономике за счет роста урожайности культур, продуктивности животных, снижения издержек и т. д.

Проведенный многомерный анализ позволил идентифицировать несколько кластеров научных проектов, различающихся по параметрам результативности. В частности, выделяется кластер прорывных исследований, демонстрирующих сверхвысокие показатели публикационной активности и экономической эффективности при относительно низком уровне бюджетного финансирования.

В качестве примера можно привести проект по разработке инновационных биотехнологий повышения устойчивости растений к засухе и засолению почв, реализованный в 2021–2022 гг. (руководитель проф., д-р биол. наук И.П. Кузнецов). При

Таблица 2. Динамика показателей результативности внедрения НИР Финуниверситета по сельскохозяйственной проблематике
Table 2. Dynamics of performance indicators for the implementation of research and development of the Financial University on agricultural issues

Показатели	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Количество внедренных разработок, ед.	2	3	5	7	12
Уровень внедрения, %	16,7	21,4	29,4	36,8	42,9
Интегральный индекс результативности внедрения*	0,42	0,48	0,54	0,59	0,64

Примечание: * рассчитывается как среднее значение экспертных оценок по шкале от 0 до 1.

Источник: данные Финуниверситета, результаты экспертного опроса

объеме финансирования 5,6 млн руб. по результатам проекта опубликованы 9 статей в высокорейтинговых журналах (Q1–Q2), получены 2 патента, экономический эффект от внедрения разработок составил 285 млн руб.

Концептуальный анализ эмпирических данных сквозь призму современных теорий управления наукой и инновациями позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов.

Во-первых, повышение результативности бюджетного финансирования аграрных исследований в рамках госзадания требует оптимизации его структуры в направлении увеличения доли экспериментальных разработок и прикладных исследований при сохранении фундаментальной компоненты. Это будет способствовать более быстрому продвижению научных результатов в практику, укреплению связей с реальным сектором экономики.

Во-вторых, необходимо обеспечить концентрацию финансовых ресурсов на прорывных направлениях, обладающих наибольшим потенциалом научно-технологических и социально-экономических эффектов (селекция и генетика, биотехнологии, цифровизация АПК и др.).

В-третьих, важнейшим фактором роста бюджетной эффективности НИР является интенсификация процессов трансфера результатов исследований в производство через формирование интегрированных научно-образовательных структур с участием бизнеса (агротехнопарки, инновационные кластеры и т. п.) [9, 11].

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

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Фининиверситета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф. Основные задачи агроинженерной науки по устранению импортозависимости для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства. *Техника и технологии в животноводстве*. 2022; (2): 6–7. <https://www.elibrary.ru/njmeaw>
2. Лобачевский Я.П., Алферов А.А. Актуальные исследования ученых Отделения сельскохозяйственных наук РАН. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024; (2): 3–6. <https://doi.org/10.31857/S2500262724020012>
3. Алиев Ш.М. Научные организации и комплексные планы научных исследований в развитии сельского хозяйства. *Управление рисками в АПК*. 2021; (3): 142–147. <https://www.elibrary.ru/tbhhsc>
4. Азаренко В., Касьянич С. Высокозначимые разработки для сельского хозяйства. *Наука и инновации*. 2022; (10): 54–60. <https://www.elibrary.ru/gzwyux>
5. Нечаев В.И., Санду И.С., Михайлушкин П.В., Бондаренко Т.Г. Научные подходы к обеспечению технологического суверенитета в аграрном секторе экономики России. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2023; (3): 91–101. <https://doi.org/10.33938/233-91>
6. Алтухов А.И. Приоритеты развития аграрной сферы экономики требуют уточнения. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2022; (5): 76–85. <https://doi.org/10.33938/225-76>
7. Куликовский А.П., Зайцев А.Г., Голиков И.О. Использование методов грантового финансирования проектов АПК в современных условиях. *Вестник аграрной науки*. 2022; (3): 107–113. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.3.107>

Выводы/Conclusions

Проведенное исследование позволило получить ряд значимых результатов, характеризующих особенности и тенденции финансирования аграрной науки за счет бюджетных средств на примере Финансового университета. Установлено, что в 2019–2023 гг. объем бюджетного финансирования сельскохозяйственных исследований и разработок вуза вырос на 28,4% при одновременном увеличении их доли в общих расходах на НИР с 7,2 до 9,4%. При этом наблюдались структурные сдвиги в сторону опережающего роста финансирования экспериментальных разработок (с 16,1 до 35,7%) за счет сокращения доли прикладных исследований (с 58,6 до 41,8%).

Количественный анализ результативности выполнения НИР выявил ряд позитивных тенденций: повышение среднего качества научных публикаций, измеряемого их представленностью в высокорейтинговых журналах (рост с 18,6 до 27,4%); увеличение доли завершенных проектов, внедренных в производство (с 16,7 до 42,9%); рост интегрального индекса результативности внедрения (с 0,42 до 0,64); высокий уровень бюджетной эффективности (3,18 руб. дополнительного экономического эффекта на 1 руб. бюджетных вложений).

Вместе с тем обнаружена тенденция снижения публикационной активности в расчете на единицу финансирования (с 1,12 до 0,83 работ на 1 млн руб.).

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 article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University.

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F. The agroengineering science main tasks on import dependence elimination for agricultural production further developing. *Machinery and technologies in livestock*. 2022; (2): 6–7 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/njmeaw>
2. Lobachevsky Ya.P., Alferov A.A. Current research by scientists of the department for agricultural sciences of the Russian Academy of Sciences. *Russian Agricultural Sciences*. 2024; (2): 3–6 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262724020012>
3. Aliev Sh.M. On the issue of ownership of the results of scientific and technical activities in the field of breeding achievements. *Agricultural Risk Management*. 2021; (3): 142–147 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tbhhsc>
4. Azarenko V., Kasyanich S. Highly significant developments for agriculture. *Science and Innovations*. 2022; (10): 54–60 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gzwyux>
5. Nechaev V.I., Sandu I.S., Mikhailushkin P.V., Bondarenko T.G. Scientific approaches to ensuring technological sovereignty in the agricultural sector of the Russian economy. *Economy, labor, management in agriculture*. 2023; (3): 91–101 (in Russian). <https://doi.org/10.33938/233-91>
6. Altukhov A.I. Priorities for the development of the agrarian sphere of the economy require clarification. *Economy, labor, management in agriculture*. 2022; (5): 76–85 (in Russian). <https://doi.org/10.33938/225-76>
7. Kulikovskiy A.P., Zaitsev A.G., Golikov I.O. Using methods of grant financing of AIC projects in modern conditions. *Bulletin of agrarian science*. 2022; (3): 107–113 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.3.107>

8. Кузьмин В.Н., Мишуров Н.П., Моторин О.А., Подъяблонский П.А., Скрынникова М.В. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства: цели и задачи. *Управление рисками в АПК*. 2021; (4): 56–65.
<https://www.elibrary.ru/uqrryr>

9. Уколова Н.В., Шиханова Ю.А., Новикова Н.А., Коростелев В.Г. Трансфер технологий как фактор радикального преобразования сельского хозяйства. *Экономика и предпринимательство*. 2021; (11): 419–422.
<https://doi.org/10.34925/EIP.2021.11.136.085>

10. Аветисян Д.Р., Каменев Р.А. Анализ современной конъюнктуры взаимодействия научного и производственного секторов сельскохозяйственной отрасли. *Вестник экономической безопасности*. 2023; (4): 134–138.
<https://doi.org/10.24412/2414-3995-2023-4-134-138>

11. Намятова Л.Е. Исследования ученых как основа развития сельского хозяйства России. *Теория и практика мировой науки*. 2024; (2): 2–7.
<https://www.elibrary.ru/iwhxff>

8. Kuzmin V.N., Mishurov N.P., Motorin O.A., Podyablonsky P.A., Skrynnikova M.V. Federal scientific and technical program for the development of agriculture: goals and objectives. *Agricultural Risk Management*. 2021; (4): 56–65 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/uqrryr>

9. Ukolova N.V., Shikhanova Yu.A., Novikova N.A., Korostelev V.G. Technology transfer as a factor of radical transformation of agriculture. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2021; (11): 419–422 (in Russian).
<https://doi.org/10.34925/EIP.2021.11.136.085>

10. Avetisyan D.R., Kamenev R.A. Analysis of the current conjuncture of interaction between the scientific and industrial sectors of the agricultural sector. *Bulletin of economic security*. 2023; (4): 134–138 (in Russian).
<https://doi.org/10.24412/2414-3995-2023-4-134-138>

11. Namyatova L.E. Research by scientists as the basis for the development of Russian agriculture. *Theory and Practice of World Science*. 2024; (2): 2–7 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/iwhxff>

ОБ АВТОРАХ

Илья Вячеславович Рожков

кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга
irojkov@fa.ru

Вячеслав Николаевич Русин

кандидат технических наук, доцент
v.n.rusin@mail.ru

Ирина Кимовна Захаренко

кандидат экономических наук,
 доцент кафедры маркетинга
ikzaharenko@fa.ru

Наталья Фёдоровна Солдатова

кандидат экономических наук,
 доцент кафедры маркетинга
nfsoldatova@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
 Москва, Ленинградский пр-т, 49/2, 125167, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ilya Vyacheslavovich Rozhkov

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Marketing Department
irojkov@fa.ru

Vyacheslav Nikolaevich Rusin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
v.n.rusin@mail.ru

Irina Kimovna Zakharenko

Candidate of Economic Sciences,
 Associate Professor of Marketing Department
ikzaharenko@fa.ru

Natalya Fedorovna Soldatova

Candidate of Economic Sciences,
 Associate Professor of Marketing Department
nfsoldatova@fa.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation,
 49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russia



агро **25**
 техно
 логии

26–28
февраля

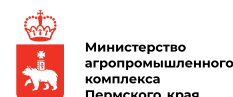
7-я межрегиональная
 специализированная
 выставка-форум
 сельскохозяйственной
 техники, современных
 технологий, материалов

место проведения:
 г. Пермь,
 ш. Космонавтов, 59

Организатор
 выставки:



Официальная поддержка:



Генеральный
 партнёр:

РОСТСЕЛЬМАШ

Банк-партнёр:



Сайт
 выставки:

agrotech.proexpo.ru

УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ ВЛАДИМИР ДУЛМАЖАПОВИЧ РАДНАТАРОВ

В.Д. Раднатаров родился 2 января 1950 года в городе Улан-Удэ. После окончания восьмилетней школы в 1965 году поступил в Бурятский сельскохозяйственный техникум им. М.Н. Ербанова, где обучался на ветеринарного фельдшера, по окончании которого был направлен на работу в колхоз им. Ранжурова Кяхтинского района на должность заведующего ветеринарным участком.

Осенью 1969 года был призван в ряды Советской армии. Военную службу проходил на Краснознаменном Тихоокеанском флоте в течение трех лет. В 1973 году поступил в Бурятский сельскохозяйственный институт, который окончил с отличием, получив специальность «ветеринарный врач». В том же году по предложению заведующего кафедрой терапии и клинической диагностики, проректора по учебной работе института заслуженного деятеля науки Бурятской АССР И.А. Ленеца был принят на должность ассистента по курсу клинической диагностики.

В.Д. Раднатаров в 1980 году, проработав на кафедре ассистентом в течение двух лет, был направлен в целевую



Профессор В.Д. Раднатаров

аспирантуру на кафедру клинической диагностики Ленинградского ветеринарного института. Под руководством профессора, доктора ветеринарных наук,

заслуженного деятеля науки РФ А.М. Смирнова выполнил и в 1983 году успешно защитил кандидатскую диссертацию. С тех пор вся трудовая деятельность



Лабораторные занятия по курсу «Клиническая диагностика» со студентами 3-го курса. 1979 г.

профессора В.Д. Раднатарова связана с Бурятской государственной сельскохозяйственной академией им. В.Р. Филиппова. Здесь он последовательно прошел путь от ассистента кафедры до первого проректора, от аспиранта до доктора наук, профессора.

Находясь на должности проректора более 20 лет, он внес огромный вклад в сохранение и развитие вуза в трудные реформенные и послереформенные годы. Вместе с коллективом академии и членами команды управления вузом удавалось преодолевать возникающие трудности и получить статус академии, вывести ее в число лучших аграрных вузов Сибири и Дальнего Востока. За это время в академии открывались новые институты, факультеты и кафедры, готовились новые перспективные кадры.

В.Д. Раднатаров в должности проректора по учебно-воспитательной работе проводил большую организационную и внедренческую работу по изучению и адаптации в учебном процессе вуза современных государственных стандартов, в том числе стандартов, которые в то время, согласно Болонской декларации, должны были обеспечивать нахождение России в общем европейском образовательном пространстве. При его непосредственном участии открывались новые направления подготовки специалистов, бакалавров и магистров. Сегодня академия продолжает осуществлять подготовку кадров по 59 образовательным программам высшего образования и 5 — среднего специального.

Под руководством В.Д. Раднатарова была разработана и сертифицирована внутривузовская система контроля качества подготовки специалистов, постоянно велась организационная работа по укреплению учебно-методического фонда академии, расширялась и укреплялась материальная часть учебно-производственных баз факультетов и институтов по



Профессора В.Д. Раднатаров, А.П. Попов, И.А. Ленец. 2005 г.



Региональная научно-методическая конференция аграрных вузов. 2002 г.

новым направлениям подготовки специалистов для отработки практических навыков студентов с использованием современных инновационных технологий. Постоянно велась работа по подготовке молодых кадров с целью комплектования коллектива.

Профессор В.Д. Раднатаров активно участвовал в укреплении международных связей, являлся одним из организаторов и разработчиков образовательных программ в проекте ТАСИС ЭДРУС-9517 «Укрепление органов государственной власти в Байкальском регионе». Кроме того, он был координатором по организации учебного процесса в проекте ТЕМПУС ТАСИС CD_JEP 21162-2000 «Устойчивый агробизнес в Байкальском

регионе», а также модератором по прохождению учебных практик студентов в зарубежных вузах по программам «АППОЛО» и «ЛОГО».

Профессор В.Д. Раднатаров совместно с руководителями института и факультетов выезжал в районы республик Бурятия, Тыва, Забайкальского края и Иркутской области по вопросам организации студенческих практик и трудоустройства выпускников, а также уделял значительное внимание профориентационной работе по привлечению сельской молодежи к поступлению в академию, в том числе через отделение довузовской подготовки по системе «школа — вуз», заключались договоры по целевой контрактной подготовке специалистов.

Особое внимание уделялось вопросам, направленным на решения проблем воспитательного процесса среди студентов академии с активным привлечением их в спорт, творческие коллективы и общественной жизни вуза.

Указом президента Республики Бурятия Л.В. Потапова от 27.05.1996 № 188 В.Д. Раднатаров был назначен председателем Совета по аграрной реформе в республике. В этом качестве в течение семи лет он принимал активное участие в разработке и реализации государственных программ по развитию сельского хозяйства, подготовке аналитических документов, законопроектов и предложений по реформированию и государственной поддержке аграрного сектора экономики республики.

Профессор В.Д. Раднатаров глубоко занимается профильными научными исследованиями, имеет свыше 200 опубликованных научных и методических работ в различных изданиях, в том числе в ведущих центральных вузах страны и за рубежом. Он является одним из авторов шести учебников для студентов, обучающихся по специальности «ветеринария», высших аграрных учебных заведений Российской Федерации, Республики Беларусь и Казахстана.

Доктор ветеринарных наук В.Д. Раднатаров — один из ведущих специалистов по изучению и ликвидации болезней животных, которые тесно связаны с возникновением эндемических заболеваний в Восточно-Сибирском регионе. Автор двух патентов на изобретение и восьми рационализаторских предложений. В 2004 году защитил докторскую диссертацию. Под его руководством подготовлен ряд дипломных и диссертационных работ, результаты которых внедрены в сельскохозяйственное производство различных хозяйств Восточно-Сибирского региона. Является одним из инициаторов создания Ассоциации научного и кадрового обеспечения Забайкалья.



Сотрудники кафедры терапии, клинической диагностики, акушерства и биотехнологии. 2021 г.



Сотрудники кафедры терапии, клинической диагностики, акушерства и биотехнологии. 2021 г.

С 2011 по 2020 год был заведующим кафедрой терапии, клинической диагностики, акушерства и биотехнологии факультета ветеринарной медицины. Кафедра была и остается сегодня одной из лучших в академии, а профессор В.Д. Раднатаров входит в число лучших профессоров академии по рейтинговым показателям. Он неоднократно награждался почетными грамотами Правительства Республики Бурятия, Республики Тыва, Иркутской области, Забайкальского края и Российской Федерации. Является почетным выпускником академии, ему присвоено почетное звание «Заслуженный работник агропромышленного комплекса Республики

Бурятия». Награжден знаками «Отличник физической культуры и спорта Российской Федерации», «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации», «Почетный работник агропромышленного комплекса России».

В.Д. Раднатаров пользуется заслуженным авторитетом и уважением среди преподавателей, студентов и аспирантов академии, научной и сельскохозяйственной общественности Республики Бурятия, а также коллег аграрных вузов Сибири и Дальнего Востока.

Н.В. Мантатова,
профессор, д-р ветеринар. наук
Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова,
г. Улан-Удэ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ «AGROBRICS+»



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

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

ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РФ



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА РФ



КОМИТЕТ СОВЕТА ФЕДЕРАЦИИ РФ
ПО АГРАРНО-ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
ПОЛИТИКЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДУМА РФ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА РФ



МОСКОВСКАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ
ПЕКАРЕЙ И КОНДИТЕРОВ (UIBC)

Более 30 союзов и ассоциаций

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

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

Информационная поддержка более 60 СМИ

ДИРЕКЦИЯ ОРГКОМИТЕТА ВЫСТАВКИ

ТЕЛ.: +7 (495) 755-50-35, 755-50-38

E-MAIL: INFO@EXPOKHLEB.COM

WWW.MVCEXPO.RU



16+

Реклама

ИФА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦИКЛЕ АГРОКОМПЛЕКСА



ЗАГОТОВКА ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

- проверка на микотоксины



ФЕРМА: ВЫРАЩИВАНИЕ ЖИВОТНЫХ

- диагностика заболеваний: контроль эпизоотической ситуации и вакцинаций
- микотоксины: проверка кормов
- антибиотики и гормоны: молоко, мясо, субпродукты



КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД

- микотоксины: сырье и готовые корма
- витамины группы В
- антибиотики



ВЫПУСК ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ: АНТИБИОТИКИ, ГОРМОНЫ, МИКОТОКСИНЫ, ПИЩЕВЫЕ АЛЛЕРГЕНЫ, ДР.

- молоко и молочная продукция
- мясо и субпродукты, продукция переработки

СХЕМА АНАЛИЗА ЗЕРНА И КОРМОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКОТОКСИНА ЗЕАРАЛЕОН С ПОМОЩЬЮ НАБОРА ИФА-МИКОТОКСИН ЗЕАРАЛЕОН, ПРОИЗВОДСТВО «АЛЬГИМЕД ТЕХНО»

ПОДГОТОВКА ПРОБЫ



зерно



размол и взятие навески пробы



экстракция «перемешивание с экстрагентом»



центрифугирование/ фильтрация

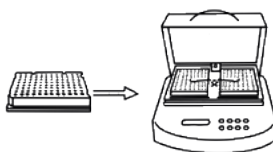


разбавление

ПРОЦЕДУРА ИФА



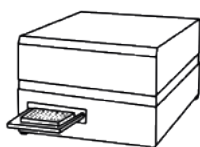
внесение проб и реагентов на планшет



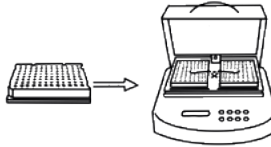
инкубация



отмывка планшета



остановка реакции и измерение оптической плотности и обработка результатов



инкубация



добавление субстрата

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ

Компания «Альгимед» предлагает оснащение ветеринарных и испытательных лабораторий в сфере пищевой безопасности «под ключ»

Реклама



ОБОРУДОВАНИЕ

ПЛАСТИК И
РАСХОДНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ



НАБОРЫ
РЕАГЕНТОВ



ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА И
ПОСТАНОВКА МЕТОДА ИФА

algimed.ru



20 лет
Альгимед