



№ 3 - 2026

ISSN (2782-6252)

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2026.3

НОРМАТИВНО - ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ВЕТЕРИНАРИИ

/Legal regulation in veterinary medicine

Правовые акты Российской Федерации и субъектов РФ	8
---	---

Комментарии специалистов: проблемы и перспективы	18
--	----

Результаты научных исследований в ветеринарии

◆ Инфекционные болезни	46
------------------------	----

◆ Инвазионные болезни	85
-----------------------	----

◆ Акушерство	98
--------------	----

◆ Незаразные болезни	105
----------------------	-----

◆ Хирургия	112
------------	-----

◆ Фармакология, токсикология	131
------------------------------	-----

◆ Зоогигиена, санитария, экология	149
-----------------------------------	-----

◆ Биохимия, анатомия, физиология	193
----------------------------------	-----

◆ Из истории ветеринарии	229
--------------------------	-----

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

www.spbguvvm.ru

ДИЕТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ С ДОКАЗАННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

НА РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ СТАДИЯХ ЗАБОЛЕВАНИЯ

- › Ограниченный уровень фосфора
- › Контролируемый уровень высококачественного белка
- › Содержит Омега-3 жирные кислоты
- › Высокая усвояемость белка (≥90%)



PRO PLAN® RENAL FUNCTION EARLY CARE | ADVANCED CARE**

Полнорационный диетический корм
на всех стадиях хронической
болезни почек



RENAL FUNCTION – при хронической болезни почек.

*Ветеринарное клиническое питание. **Начальная стадия | Поздняя стадия

© Владелец товарных знаков: Société des Produits Nestlé S.A. (Швейцария).

НОРМАТИВНО - ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ВЕТЕРИНАРИИ

/Legal regulation in veterinary medicine

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2026.3

3. 2026

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

Племяшов К.В. – доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, Санкт-Петербург, Россия

Зам. главного редактора

Орехов Д.А. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Санкт-Петербург, Россия

Редакционная коллегия

Белопольский А.Е. – доктор ветеринарных наук, доцент, Санкт-Петербург, Россия

Болгов А.Е. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Петрозаводск, Россия

Воронин В.Н. – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Карпенко Л.Ю. – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Ковалёнок Ю.К. – доктор ветеринарных наук, профессор, Витебск, Республика Беларусь

Лайшев К.А. – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Санкт-Петербург, Россия

Никитин Г.С. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Санкт-Петербург, Россия

Панин А.Н. – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Москва, Россия

Романенко Л.В. – доктор сельскохозяйственных наук, Санкт-Петербург, Россия

Сарсембаева Н.Б., доктор ветеринарных наук, профессор, Алматы, Республика Казахстан

Станишевская О.И. – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Стекольников А.А. – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Санкт-Петербург, Россия

Сидорчук А.А. – доктор ветеринарных наук, профессор, Москва, Россия

Сухинин А.А. – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Семёнов В.Г. – доктор биологических наук, профессор, Чебоксары, Россия

Токарев А.Н. – доктор ветеринарных наук, доцент, Санкт-Петербург, Россия

Федоров Ю.Н. – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Москва, Россия

Шапиев И.Ш. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Санкт-Петербург, Россия

Mustafa Atasever - Prof., Dr. Erzurum, Turkiye

Kushvar Galib Mammadova-Dr., Azerbaijan

Iliia Tsachev, DVM, MSc, PhD, DSc, Prof., Stara Zagora, Bulgaria

Редакция журнала

Редактор Заходнова Д.В. – канд. вет. наук, доцент.

Выпуск. редактор Виноходова М.В. – канд. вет. наук, доцент

Сдано в набор 28.09.2026 г..

Подписано к печати 30.09.26 г. Формат 70×100 1/16.

Бумага глянцевая № 1. Печать офсетная. Цена свободная.

Усл. печ. л. 19,5+0,5 цв. вкл. Тираж 1001 экз.

Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии

- свидетельство о государственной регистрации

средства массовой информации

ПИ № ФС № 77-82758 от 27 января 2022 года.;

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.

При перепечатке ссылка на журнал «Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии/ Legal regulation in veterinary medicine» обязательна.

Учредитель, издатель: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (СПбГУВМ). Журнал ранее издавался под названием «Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии» с января 2007 года в Санкт-Петербурге; распространяется по всем регионам России. Периодичность издания: не менее 4 раз в год.

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Цель журнала: Освещение результатов перспективных направлений научно-исследовательской и практической деятельности специалистов в сфере ветеринарии и смежных отраслях, связанных с вопросами нормативно-правового регулирования.

Задачами издания являются:

- ♦ обобщение научных и практических достижений в области ветеринарии;

- ♦ мониторинг и анализ нормативно-правового регулирования в сфере ветеринарии;

- ♦ повышение научной и практической квалификации специалистов в области ветеринарии.

Журнал специализируется на освещении широкого круга вопросов особо опасных, различных болезней животных, материалов по результатам мониторинга ветеринарного законодательства России и её субъектов, а также международных нормативно-правовых актов по вопросам ветеринарии.

Адрес редакции и издательства: 196084, Санкт-Петербург, Черниговская 5. ФГБОУ ВО «СПбГУВМ». Редакция журнала «Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии / Legal regulation in veterinary medicine».

Телефон (812) 365-69-35.

E-mail: 3656935@gmail.com

С предложениями о размещении рекламы звоните по телефону (812) 365-69-35.

Редакция

Отпечатано в типографии ООО «РПК «АМИГО-ПРИНТ». 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д.21, оф. 748.

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС В ОБЪЕДИНЕННОМ КАТАЛОГЕ «ПРЕССА РОССИИ»: 82392
АГЕНТСТВА: «КНИГА-СЕРВИС», «АРЗИ»

СОДЕРЖАНИЕ

Правовые акты Российской Федерации и субъектов РФ	8
Комментарии специалистов: проблемы и перспективы	
♦ Регулирование обращения ветеринарных лекарственных средств в Евразийском экономическом союзе на основе единых принципов: трудности перехода. Жаворонков С.Ф., Жаркова Е.С., Самойлов Г.М.	18
♦ Судебная ветеринарная экспертиза в рамках уголовного кодекса Российской Федерации. Дресвянникова С.Г., Любченко Е.Н., Джалилиди Г.А.	27
♦ Маркировка и учет объектов аквакультуры рыб лососевых пород при садковом выращивании в условиях современного нормативно-правового регулирования Российской Федерации и интеграции в информационные системы в области ветеринарии. Акимова Н.С., Марков Т.И.	34
♦ Проблемы цифровизации ветеринарного контроля (надзора). Гиззатуллин Р.Х., Владимиров И.А., Иксанов Р.А.	42
Результаты научных исследований в ветеринарии	
Инфекционные болезни	
♦ Микробиологический мониторинг возбудителей урогенитальных инфекций собак и их устойчивости к противомикробным препаратам в условиях города Тюмени. Макавчик С.А., Шляпникова Н.И.	46
♦ Патоморфологические изменения в органах-мишенях при вирусном артрите-энцефалите коз. Беляева Е.В., Бахтурина Е.И., Балабанова В.И.	50
♦ Пробиотический потенциал изолятов <i>Lactobacillus brevis</i> и <i>Lactococcus lactis</i> , выделенных из творожной сыворотки. Абрамова Е.Г., Зверева О.В., Вострикова А.С., Сыров В.М., Сыромятников М.Ю.	58
♦ Морфология крови сухостойных коров при генитальном микоплазмозе. Васильев Р.М.	65
♦ Молекулярно-биологические основы генетической изменчивости вируса инфекционного бронхита кур. Дмитриев К.Ю., Семина А.Н.	69
♦ Оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном <i>Escherichia coli</i> с различной чувствительностью к препарату. Мазур А.Д., Юрин Д.В., Горбанёва А.С., Присный А.А., Ланшевцев А.И.	74
♦ Проблема микробиологической безопасности сырого коровьего молока на этапе его получения. Исакова М.Н., Лысова Я.Ю.	78
Инвазионные болезни	
♦ Случай выявления нозематоза пчел на территории Пушкинского района Санкт-Петербурга. Айдиев А.Б., Воронцов В.Б., Березкин В.А., Красков Д.А.	85
♦ Масс-спектрометрический анализ нематод <i>Dirofilaria</i> и <i>Ascaris</i> методом MALDI-TOF MS. Березинская И.С., Потапенко И.О., Нагорный С.А., Ермаков А.М.	89
Акушерство, гинекология	
♦ Анализ метаболического статуса коров при осложнении патологическими родами: поиск прогностических маркеров. Батраков А.Я., Никитина А.А., Никитин Г.С.	98
Незаразные болезни	
♦ Методы респираторной физиотерапии в ветеринарии: техники, физиологическое обоснование и актуальная доказательная база. Краскова Е.В., Ладанова М.А.	105
Хирургия	
♦ Регионарная анестезия у жвачных животных: ограничения экстраполяции данных между крупным рогатым скотом и северным оленем. Макаров А.М., Нечаев А.Ю.	112
♦ Корреляция между стадиями пародонтитов и патоморфологическими изменениями тканей пародонта у собак. Назаров А.Ю., Земцова Д.А., Синицын И.С.	118
♦ Перспективы применения блокады мышцы, выпрямляющей позвоночник в абдоминальной хирургии крупного рогатого скота: сравнительный анализ эффективности. Грохотов А.А., Минина А.О.	123
♦ Влияние модифицированной техники хирургического лечения пояснично-крестцового стеноза с применением индивидуальных 3D гайдов-направителей у собак на скорость послеоперационной реабилитации. Салман М.К., Шакирова Ф.В., Козлов Н.А.	128
Фармакология, токсикология	
♦ Характеристика безопасности и эффективности хелатного комплекса на модели <i>Oncorhynchus mykiss</i> . Махнин И.А., Карпенко Л.Ю.	131
♦ Терапевтическое действие конъюгированных форм зеараленона. Вафин Ф.Р., Семёнов Э.И., Майорова Е.Н., Василевский Н.М., Макаева В.И.	138
♦ Фармако-токсикологическая оценка хелатных комплексов на тест-системе <i>Danio rerio</i> . Махнин И.А., Карпенко Л.Ю.	143

CONTENTS

Acts of the Russian Federation and subjects of the Russian Federation	8
Comments of specialists: problems and prospects	
♦ Regulation of the circulation of veterinary medicinal substances in the Eurasian Economic Union based on uniform principles: transition challenges. Zhavoronkov S.F., Zharkova E.S., Samoylov G.M.	18
♦ Forensic veterinary examination within the framework of the Criminal Code of the Russian Federation. Dresvyannikova S.G., Lyubchenko E.N., Dzhailedi G.A.	27
♦ Labeling and accounting of salmon species aquaculture facilities in cage farming in the context of modern regulatory and legal regulation in the Russian Federation and integration into veterinary information systems. Akimova N.S., Markov T.I.	34
♦ Problems of digitalization of veterinary control (supervision). Gizzatullin R.Kh., Vladimirov I.A., Iksanov R.A.	42
The results of scientific research in veterinary medicine	
Infectious diseases	
♦ Microbiological monitoring of pathogens of urogenital infections in dogs and their antimicrobial resistance in Tyumen. Makavchik S.A., Shlyapnikova N.I.	46
♦ Pathomorphological changes in target organs in viral arthritis-encephalitis of goats. Belyaeva E.V., Bakhturina E.I., Balabanova V.I.	50
♦ Probiotic potential of <i>Lactobacillus brevis</i> and <i>Lactococcus lactis</i> isolates from cottage cheese whey. Abramova E.G., Zvereva O.V., Vostrikova A.S., Syrov V.M., Syromyatnikov M.Yu.	58
♦ Morphology of blood of dry cows with genital mycoplasmosis. Vasiliev R.M.	65
♦ Molecular and biological basis of genetic variability of the infectious bronchitis virus in chicken. Dmitriev K.Yu., Semina A.N.	69
♦ Assessment of therapeutic and prophylactic effectiveness of levofloxacin in experimental colibacillosis in chicks caused by <i>Escherichia coli</i> with varying susceptibility to the drug. Mazur A.D., Yurin D.V., Gorbaneva A.S., Prisny A.A., Laishevstev A.I.	74
♦ The problem of microbiological safety of raw cow's milk at the processing stage. Isakova M.N., Lysova Ya.Yu.	78
Invasive diseases	
♦ A case of the occurrence of nosmosis in a batch in the Pushkinsky District of St. Petersburg. Aidiev A.B., Vorontsov V.B., Berezkin V.A., Kraskov D.A.	85
♦ Mass spectrometric analysis of nematodes <i>Dirofilaria</i> and <i>Ascaris</i> using MALDI-TOF MS. Berezinskaya I.S., Potapenko I.O., Nagorny S.A., Ermakov A.M.	89
Obstetrics, gynecology	
♦ Analysis of the metabolic status of cows complicated by pathological calving: a search for prognostic markers. Batrakov A.Ya., Nikitina A.A., Nikitin G.S.	98
Non-communicable diseases	
♦ Respiratory physiotherapy methods in veterinary medicine: techniques, physiological rationale, and current evidence base. Kraskova E.V., Ladanova M.A.	105
Surgery	
♦ Regional anesthesia in ruminants: limitations of data extrapolation between cattle and reindeer. Makarov A.M., Nechaev A.Yu.	112
♦ Correlation between stages and pathomorphological signs of periodontitis in dogs. Nazarov A.Yu., Zemtsova D.A., Sinitsyn I.S.	118
♦ Prospects for the use of spinal straightening muscle blockade in abdominal surgery of cattle: a comparative analysis of effectiveness. Grokhov A.A., Minina A.O.	123
♦ Influence of a modified surgical approach for the treatment of lumbosacral stenosis using customized 3D-printed surgical guides on the speed of postoperative recovery in dogs. Salman M.K., Shakirova F.V., Kozlov N.A.	128
Pharmacology, toxicology	
♦ Characterization of the safety and efficacy of chelate complex in the <i>Oncorhynchus mykiss</i> model. Makhnin I.A., Karpenko L.Yu.	131
♦ Teratogenic effect of conjugated forms of zearalenone. Vafin F.R., Semenov E.I., Mayorova E.N., Vasilevsky N.M., Makaeva V.I.	138
♦ Pharmacotoxicological assessment of chelate complexes using the <i>Danio rerio</i> test system. Makhnin I.A., Karpenko L.Yu.	143

СОДЕРЖАНИЕ

Зооигиена, санитария, экология

- ♦ Корреляционные связи живой массы и основных промеров северных оленей в разновременных выборках. **Макаров А.М., Южаков А.А., Мусидрай А.А.** 149
- ♦ Развитие эко-брендинга с помощью биотехнологических решений в ветеринарии. **Смирнова Е.А., Иванникова Р.Ф., Батраков А.Я.** 154
- ♦ ROH-инбридинг и внутривидовая структура коров красной степной породы по данным SNP-генотипирования: значение для ветеринарно-биологического мониторинга племенного стада. **Оздемиров А.А., С.К. Гамзатова, Е.М. Алиева.** 160
- ♦ Качественные показатели продукта, полученного путем биотермического компостирования павшей радужной форели. **Хоменко Р.М., Александров В.В., Кныш И.В., Симейко А.В.** 166
- ♦ Эколого - гигиеническая оценка содержания вредных веществ в водах рыбохозяйственного значения. **Белопольский А.Е.** 170
- ♦ Биологическая апииндикация экологического загрязнения посевных площадей и пастбищ. **Ткачев А.В., Вишнякова С.П., Кротова Е.А., Ткачева О.Л.** 174
- ♦ Популяционная генетика и филогеография жилых форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.): от нейтральных маркеров к ландшафтной геномике. **Ежков В.С., Костромин Е.А., Племяшов К.В., Крутикова А.А.** 181
- ♦ Геномные и транскриптомные механизмы симпатрической дивергенции жилых форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.). **Крутикова А.А., Ежков В.С., Костромин Е.А., Племяшов К.В., Кузнецова Т.Ш.** 186

Биохимия, анатомия, физиология

- ♦ Корреляционный анализ биохимического состава крови телят северных оленей. **Николаев С.В.** 193
- ♦ Внеклеточная ДНК как биомаркер патологий в репродуктивной биологии: биогенез, методы анализа и прикладное значение (обзор). **Баранова Е.И., Кузьмина Т.И.** 197
- ♦ Молекулярные изменения селезенки карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при хроническом аэромонозе. **Бакулина Е.Д., Семенова Е.В., Караулова С.О., Вострикова А.Д., Михайлов Е.В.** 206
- ♦ Молекулярно-генетическая оценка продуктивности джерсейского скота в ООО имени Тимирязева на основе анализа полиморфизма гена CSN2. **Зиннатов Ф.Ф., Хисматуллин М.М., Якупов Т.Р., Ахметов Т.М., Зиннатова Ф.Ф.** 212
- ♦ Сравнительная оценка пищевой ценности мяса тюленя (лахтака) и традиционных источников белка животного происхождения. **Каложная Т.В., Токарев А.Н., Соколов И.В., Зенков К.Ф., Попов Н.Ю.** 217
- ♦ Ветеринарно-санитарная экспертиза свинины. **Токарев А.Н., Терехов А.А., Смолькина А.С.** 221
- ♦ Открытый артериальный проток при дисплазии трикуспидального клапана у собак: патогенетические особенности и компенсаторная роль шунта. **Ванюшкина И.Е., Гапонова В.Н.** 225

Из истории ветеринарии

- ♦ Роль первого ветеринарного института в развитии ветеринарной науки и практики Якутии. **Неустроев М.П., Васильева С.А., Максимова А.Н.** 229
- ♦ Историческое развитие и современные тенденции животноводства республики Саха (Якутия). **Слепцов Е.С., Захарова Л.Н., Алферов И.В., Попова А.В., Иванова М.Д.** 234

CONTENTS

Zoohygiene, sanitation, ecology

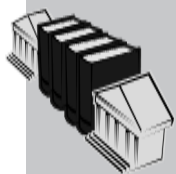
- ♦ Makarov A.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A. Correlations between live weight and main body measurements in adult female reindeer: comparison of temporally different datasets. **Makarov A.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A.** 149
- ♦ Development of Eco-branding through Biotechnological Solutions in Veterinary Medicine. **Smirnova E.A., Ivannikova R.F., Batrakov A.Ya.** 154
- ♦ ROH-based inbreeding and within-breed structure of Red Steppe cows based on SNP genotyping: relevance for veterinary-biological monitoring of breeding herd. **Ozdemirov A.A., Gamzatova S.K., Alieva E.M.** 160
- ♦ Microbial contamination of fish production waste after processing in ECO biocomposters. **Khomenko R.M., Aleksandrov V.V., Knysh I.V., Simeiko A.V.** 166
- ♦ Ecological and hygienic assessment of the content of harmful substances in waters of fishery significance. **Belopolsky A.E.** 170
- ♦ Biological bee-based bioindication of environmental pollution of cultivated areas and pastures. **Tkachev A.V., Vishnyakova S.P., Krotova E.A., Tkacheva O.L.** 174
- ♦ Population genetics and phylogeography of resident forms of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): from neutral markers to landscape genomics. **Ezhkov V.S., Kostromin E.A., Plemyashov K.V., Krutikova A.A.** 181
- ♦ Genomic and transcriptomic mechanisms of sympatric divergence in resident forms of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). **Krutikova A.A., Ezhkov V.S., Kostromin E.A., Plemyashov K.V., Kuznetsova T.Sh.** 186

Biochemistry, anatomy, physiology

- ♦ Correlation analysis of the biochemical composition of the blood of reindeer calves. **Nikolaev S.V.** 193
- ♦ Extracellular DNA as a biomarker of pathologies in reproductive biology: biogenesis, analysis methods and applied significance (review). **Baranova E.I., Kuzmina T.I.** 197
- ♦ Molecular changes in the spleen of common carp (*Cyprinus carpio*) during chronic aeromonosis. **Bakulina E.D., Semenova E.V., Karaulova S.O., Vostrikova A.D., Mikhailov E.V.** 206
- ♦ Molecular genetic evaluation of Jersey cattle productivity in the Timiryazev LTD based on the analysis of CSN2 gene polymorphism. **Zinnatov F.F., Khismatullin M.M., Yakupov T.R., Akhmetov T.M., Zinnatova F.F.** 212
- ♦ Comparative assessment of the nutritional value of seal meat (harp seal) and traditional sources of animal protein. **Kalyuzhnaya T.V., Tokarev A.N., Sokolov I.V., Zenkov K.F., Popov N.Yu.** 217
- ♦ Veterinary and sanitary examination of pork. **Tokarev A.N., Terekhov A.A., Smolkina A.S.** 221
- ♦ Open arterial duct in dogs with tricuspid valve dysplasia: pathogenetic features and compensatory role of the shunt. **Vanyushkina I.E., Gaponova V.N.** 225

From the history of veterinary medicine

- ♦ The role of the first veterinary institute in the development of veterinary science and practice in Yakutia. **Neustroev M.P., Vasilyeva S.A., Maksimova A.N.** 229
- ♦ Historical development and current trends in animal husbandry in the Republic of Sakha (Yakutia). **Sleptsov E.S., Zakharova L.N., Alferov I.V., Popova A.V., Ivanova M.D.** 234



ПРАВОВЫЕ АКТЫ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И СУБЪЕКТОВ РФ

РЕШЕНИЕ СОВЕТА ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ОТ 20 МАЯ 2026 Г. N 67 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРАВИЛА НАДЛЕЖАЩЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА»

В соответствии со статьями 30 и 56 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, пунктом 14 Протокола о применении санитарных, ветеринарно-санитарных и карантинных фитосанитарных мер, экстренных фитосанитарных мер (приложение N 12 к указанному Договору), статьей 9 Соглашения о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза от 23 декабря 2014 года, пунктами 57 и 82 приложения N 1 к Регламенту работы Евразийской экономической комиссии, утвержденному Решением Высшего Евразийского экономического совета от 23 декабря 2014 г. N 98, Совет

Евразийской экономической комиссии решил:

1. Внести в Правила надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза, утвержденные Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 3 ноября 2016 г. N 77 (далее - Правила), изменения согласно приложению.
2. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 180 календарных дней с даты его официального опубликования, за исключением пунктов 4.11, 4.12, 8.87, 8.88, 8.108, 8.124 и 8.136 приложения N 1 к Правилам (с учетом изменений, внесенных настоящим Решением), которые вступают в силу по истечении 1095 календарных дней с даты официального опубликования настоящего Решения.

Члены Совета Евразийской экономической комиссии:

От Республики
Армения
М.ГРИГОРЯН

От Республики
Беларусь
Н.ПЕТКЕВИЧ

От Республики
Казахстан
С.ЖУМАНГАРИН

От Кыргызской
Республики
Д.АМАНГЕЛЬДИЕВ

От Российской
Федерации
А.ОВЕРЧУК

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 01.07.2026

Начало действия документа - 28.12.2026 г. (за исключением отдельных положений). В соответствии с пунктом 2 данный документ вступает в

силу по истечении 180 дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 01.07.2026 г.), за исключением отдельных положений, вступающих в силу в иные сроки.

РЕШЕНИЕ СОВЕТА ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ОТ 9 ИЮЛЯ 2026 Г. N 82 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЛОЖЕНИЕ О ЕДИНОМ ПОРЯДКЕ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ ПРОВЕРОК ОБЪЕКТОВ И ОТБОРА ПРОБ ТОВАРОВ (ПРОДУКЦИИ), ПОДЛЕЖАЩИХ ВЕТЕРИНАРНОМУ КОНТРОЛЮ (НАДЗОРУ)»

В соответствии с абзацем вторым пункта 7 статьи 58 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, абзацем первым пункта 12 Протокола о применении санитарных, ветеринарно-санитарных и карантинных фитосанитарных мер (приложение N 12 к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года) и пунктом 51 приложения N 1 к Регламенту работы Евразийской экономической комиссии, утвержденному Решением Высшего Евразийского экономического совета от 23 де-

кабря 2014 г. N 98, Совет Евразийской экономической комиссии решил:

1. Внести в Положение о едином порядке проведения совместных проверок объектов и отбора проб товаров (продукции), подлежащих ветеринарному контролю (надзору), утвержденное Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2014 г. N 94, изменения согласно приложению.
2. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования.

Члены Совета Евразийской экономической комиссии:

От Республики
Армения
М.ГРИГОРЯН

От Республики
Беларусь
Н.ПЕТКЕВИЧ

От Республики
Казахстан
С.ЖУМАНГАРИН

От Кыргызской
Республики
Д.АМАНГЕЛЬДИЕВ

От Российской
Федерации
А.ОВЕРЧУК

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 14.08.2026 г.

Начало действия документа - 13.09.2026 г. В соответствии с пунктом 2 данный документ всту-

пает в силу по истечении 30 календарных дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 14.08.2026 г.).

**РЕШЕНИЕ КОЛЛЕГИИ ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ
ОТ 23 ИЮНЯ 2026 Г. N 75 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОРЯДОК
ПРОВЕДЕНИЯ АПРОБАЦИИ НОВЫХ ПОРОД, ТИПОВ, ЛИНИЙ
И КРОССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В ГОСУДАРСТВАХ -
ЧЛЕНАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА»**

В целях реализации подпункта 4 пункта 1 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года и в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года Коллегия Евразийской экономической комиссии решила:

1. Внести в Порядок проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных в государствах - членах Евразийского экономического союза, утвержденный Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22 сентября 2020 г. N 113, изменения согласно приложению.

2. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования.

Председатель Коллегии
Евразийской экономической комиссии
Б.САГИНТАЕВ

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 25.06.2026 г.

Начало действия документа - 25.07.2026 г. В соответствии с пунктом 2 данный документ вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 25.06.2026 г.).

**РЕШЕНИЕ КОЛЛЕГИИ ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ
ОТ 29 ИЮНЯ 2026 Г. N 80 «О ПЕРЕЧНЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ
(МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ) СТАНДАРТОВ, А В СЛУЧАЕ ИХ ОТСУТСТВИЯ -
НАЦИОНАЛЬНЫХ (ГОСУДАРСТВЕННЫХ) СТАНДАРТОВ ГОСУДАРСТВ - ЧЛЕНОВ
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА, В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ
КОТОРЫХ НА ДОБРОВОЛЬНОЙ ОСНОВЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ СОБЛЮДЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА
«ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА МАСЛОЖИРОВУЮ ПРОДУКЦИЮ» (ТР ТС 024/2011),
И ПЕРЕЧНЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ (МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ)
СТАНДАРТОВ, А В СЛУЧАЕ ИХ ОТСУТСТВИЯ—НАЦИОНАЛЬНЫХ
(ГОСУДАРСТВЕННЫХ) СТАНДАРТОВ ГОСУДАРСТВ—ЧЛЕНОВ
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА, А ТАКЖЕ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЙ
(ИСПЫТАНИЙ) И ИЗМЕРЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПРАВИЛА И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ (ИСПЫТАНИЙ) И ИЗМЕРЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ
ПРАВИЛА ОТБОРА ОБРАЗЦОВ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛНЕНИЯ
ТРЕБОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА
«ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА МАСЛОЖИРОВУЮ ПРОДУКЦИЮ» (ТР ТС 024/2011)
И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ
ОБЪЕКТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ»**

В соответствии с пунктом 4 Протокола о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза (приложение N 9 к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года) и пунктом 5 приложения N 2 к Регламенту работы Евразийской экономической комиссии, утвержденному Решением Высшего Евразийского экономического совета от 23 декабря 2014 г. N 98, Коллегия Евразийской экономической комиссии решила:

1. Утвердить прилагаемые:

перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия - национальных (государственных) стандартов государств - членов Евразийского экономического союза, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза "Технический регламент

на масложировую продукцию" (ТР ТС 024/2011);

перечень международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия - национальных (государственных) стандартов государств - членов Евразийского экономического союза, а также методик исследований (испытаний) и измерений, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза "Технический регламент на масложировую продукцию" (ТР ТС 024/2011) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования.

2. Признать утратившим силу Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 29 марта 2022 г. N 53 "О перечне международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия - национальных

(государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза "Технический регламент на масложировую продукцию" (ТР ТС 024/2011), и перечне международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия - национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза "Технический регламент на масложировую продукцию" (ТР ТС 024/2011) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования".

РЕШЕНИЕ КОЛЛЕГИИ ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ОТ 7 ИЮЛЯ 2026 Г. N 81 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПЕРЕЧЕНЬ ГЕНЕТИЧЕСКИ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЛЕМЕННЫХ ЖИВОТНЫХ»

В соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года Коллегия Евразийской экономической комиссии решила:

1. Внести в перечень генетически детерминированных заболеваний сельскохозяйственных племенных животных (приложение N 3 к Положению о проведении молекулярной генетической экспертизы племенной продукции государств - членов Евразийского экономического союза, утвержденному Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 2 июня 2020 г. N 74) следующие изменения:

а) в позиции "джерсейская порода и породы, полученные в результате скрещивания с джерсейской породой" пункта 1 в графе второй слова

3. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 180 календарных дней с даты его официального опубликования.

Председатель Коллегии
Евразийской экономической комиссии
Б.САГИНТАЕВ

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 01.07.2026 г.

Начало действия документа - 28.12.2026 г. В соответствии с пунктом 3 данный документ вступает в силу по истечении 180 календарных дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 01.07.2026 г.).

"ВНМ - спинальная мышечная атрофия (OMIA ID 002390-9913);" исключить;

б) позицию "верховые породы" пункта 4 исключить.

2. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования.

Председатель Коллегии
Евразийской экономической комиссии
Б.САГИНТАЕВ

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 10.07.2026 г.

Начало действия документа - 09.08.2026 г. В соответствии с пунктом 2 данный документ вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 10.07.2026 г.).

РЕКОМЕНДАЦИЯ КОЛЛЕГИИ ЕВРАЗИЙСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОМИССИИ ОТ 25 АВГУСТА 2026 Г. N 20 «О РУКОВОДСТВЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СТЕРИЛЬНЫХ И НЕСТЕРИЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ»

Коллегия Евразийской экономической комиссии в соответствии с пунктом 3 статьи 3, статьями 9 и 10 Соглашения о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза от 23 декабря 2014 года, в целях выработки общих подходов к соблюдению принципов надлежащей производственной практики при организации и проведении микробиологического мониторинга производственной среды при производстве стерильных и нестерильных лекарственных средств рекомендует государствам - членам Евразийского экономического союза по истечении 180 календарных дней с даты опубликования настоящей Рекомендации на официальном сайте Евразийского экономического союза при органи-

зации и проведении микробиологического мониторинга производственной среды принимать во внимание Руководство согласно приложению.

Председатель Коллегии
Евразийской экономической комиссии
Б.САГИНТАЕВ

Источник публикации:

Официальный сайт Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/>, 28.08.2026 г.

Начало действия документа - 24.02.2027 г.

В соответствии со вторым абзацем данный документ вступает в силу по истечении 180 календарных дней с даты официального опубликования (опубликован на официальном сайте ЕАЭС <http://www.eaeunion.org/> - 28.08.2026 г.).

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН N 321-ФЗ ОТ 4 АВГУСТА 2026 ГОДА «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЗАКОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «О ЗЕРНЕ», ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН
«О ПЛЕМЕННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ» И ПРИЗНАНИИ УТРАТИВШИМИ СИЛУ
ЧАСТЕЙ 4 - 6 СТАТЬИ 5 ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ
В ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «О ПЛЕМЕННОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ»
И ОТДЕЛЬНЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

Принят Государственной Думой
21 июля 2026 года

Одобен Советом Федерации
24 июля 2026 года

СТАТЬЯ 1

Внести в Закон Российской Федерации от 14 мая 1993 года N 4973-I "О зерне" (Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1993, N 22, ст. 799; Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, N 1, ст. 59; N 24, ст. 4188; 2023, N 32, ст. 6217; 2024, N 53, ст. 8509) следующие изменения:

1) дополнить статьей 16.2 следующего содержания:

"Статья 16.2. Учет зерна и (или) продуктов переработки зерна осуществляется товаропроизводителями в порядке, определяемом федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области развития зернового комплекса Российской Федерации.";

2) в статье 17.1:

а) часть пятую изложить в следующей редакции:

"Товаропроизводители регистрируются в Федеральной государственной информационной системе прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна без взимания платы в соответствии с частью второй настоящей статьи, а также представляют в Федеральную государственную информационную систему прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна достоверные и полные сведения и информацию, предусмотренные частью третьей настоящей статьи.";

б) часть десятую дополнить новым первым предложением следующего содержания: "Товаропроизводители вправе направить запрос о предоставлении информации из Федеральной государственной информационной системы прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна в соответствии с настоящей статьей.";

3) часть вторую статьи 22 после слов "соблюдение товаропроизводителями" дополнить словами "установленных статьей 16.2, частью пятой статьи 17.1, частями первой и второй статьи 18.1 настоящего Закона".

СТАТЬЯ 2

Внести в Федеральный закон от 3 августа 1995 года N 123-ФЗ "О племенном животноводстве" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1995, N 32, ст. 3199; 2011, N 30, ст. 4596; 2023, N 32, ст. 6186; 2024, N 1, ст. 41; N 31, ст. 4464; 2025, N 51, ст. 8000) следующие изменения:

1) в части третьей статьи 8 слова "в соответствии с положениями настоящего Федерального закона" заменить словами "племенным хозяйствам по запросам указанных хозяйств органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими управление в

области племенного животноводства, в форме электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью, без взимания платы, если иное не установлено настоящим Федеральным законом";

2) часть первую статьи 11 после слов "в области племенного животноводства," дополнить словами "в форме электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью, без взимания платы, если иное не установлено настоящим Федеральным законом,";

3) в статье 17.1:

а) часть первую изложить в следующей редакции:

"Федеральная государственная информационно-аналитическая система племенных ресурсов (далее также - информационно-аналитическая система племенных ресурсов) создается в целях обеспечения регистрации племенных животных и племенных стад, племенных хозяйств, выдачи племенных свидетельств (паспортов), заключений об отнесении сельскохозяйственных животных и полученных от них семени и эмбрионов к племенной продукции (материалу), а также в целях осуществления анализа и обработки предоставленных в информационно-аналитическую систему племенных ресурсов сведений о племенных животных, племенных стадах, племенных хозяйствах, выданных племенных свидетельствах (паспортах) и заключениях об отнесении сельскохозяйственных животных и полученных от них семени и эмбрионов к племенной продукции (материалу).";

б) часть одиннадцатую дополнить абзацем седьмым следующего содержания:

"о выданных племенных свидетельствах (паспортах).";

4) наименование главы X изложить в следующей редакции:

"Глава X. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ";

5) дополнить статьей 50 следующего содержания:

"Статья 50. Переходные положения

До 1 января 2028 года племенные свидетельства (паспорта) и заключения об отнесении сельскохозяйственных животных и полученных от них семени и эмбрионов к племенной продукции (материалу) могут выдаваться на бумажном носителе."

СТАТЬЯ 3

Части 4 - 6 статьи 5 Федерального закона от 4 августа 2023 года N 454-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О племенном животноводстве" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2023, N 32, ст. 6186) признать утратившими силу.

СТАТЬЯ 4

1. Настоящий Федеральный закон вступает в силу со дня его официального опубликования, за исключением статьи 1 настоящего Федерального закона.

2. Статья 1 настоящего Федерального закона вступает в силу с 1 марта 2027 года.

Президент Российской Федерации
В.ПУТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой инфор-

мации <http://pravo.gov.ru>, 04.08.2026 г., "Собрание законодательства РФ", 10.08.2026 г., N 32, ст. 4518, "Парламентская газета", N 30с, 11.08.2026, "Российская газета", N 180 - 181, 12.08.2026 г.

Начало действия документа - 04.08.2026 г. (за исключением отдельных положений).

В соответствии со статьей 4 данный документ вступил в силу со дня официального опубликования (опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://pravo.gov.ru> - 04.08.2026 г.), за исключением отдельных положений, вступающих в силу в иные сроки.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 26 ИЮНЯ 2026 Г. N 792 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПРАВИЛ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ В ОБЛАСТИ ТОВАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ (ТОВАРНОГО РЫБОВОДСТВА)»

В соответствии с частью 2 статьи 14.1 Федерального закона "Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемые Правила осуществления производственного контроля в области товарной аквакультуры (товарного рыбоводства).

2. Настоящее постановление вступает в силу с

1 марта 2027 г.

Председатель Правительства РФ
М.МИШУСТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 26.06.2026 г., "Собрание законодательства РФ", 29.06.2026 г., N 26, ст. 3586.

Начало действия документа - 01.03.2027 г.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 1 ИЮЛЯ 2026 Г. N 813 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 6 ИЮЛЯ 2015 Г. N 676»

Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в постановление Правительства Российской Федерации от 6 июля 2015 г. N 676 "О требованиях к порядку создания, развития, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации государственных информационных систем и дальнейшего хранения содержащейся в их базах данных информации" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2015, N 28, ст. 4241; 2017, N 21, ст. 3007; 2019, N 16, ст. 1928; 2020, N 37, ст. 5720; N 42, ст. 6615; 2022, N

1, ст. 115; N 52, ст. 9610; 2024, N 25, ст. 3504; 2025, N 12, ст. 1311).

2. Настоящее постановление вступает в силу с 1 сентября 2026 г.

Председатель Правительства РФ
М.МИШУСТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 01.07.2026 г., "Собрание законодательства РФ", 06.07.2026 г., N 27, ст. 3725.

Начало действия документа - 01.09.2026 г.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 9 ИЮЛЯ 2026 Г. N 863 «О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 30 ИЮНЯ 2021 Г. N 1089»

Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области обращения с животными, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. N 1089 "О федеральном государственном контроле (надзоре) в области обращения с животными" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, N 28, ст. 5519; 2024, N 50, ст. 7758; 2025, N 35, ст. 5237).

2. Абзац третий пункта 1 и пункт 14 изменений, утвержденных настоящим постановлением, вступают в силу с 1 октября 2026 г.

Председатель Правительства РФ
М.МИШУСТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 09.07.2026 г., "Собрание законодательства РФ", 13.07.2026 г., N 28, ст. 3910.

Начало действия документа - 17.07.2026 (за исключением отдельных положений). Данный документ вступает в силу по истечении 7 дней после дня официального опубликования (опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://pravo.gov.ru> - 09.07.2026), за исключением отдельных положений, вступающих в силу в иные сроки.

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 1 АВГУСТА 2026 Г. N 968
«ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПРАВИЛ УНИЧТОЖЕНИЯ ИЗЪЯТЫХ
ФАЛЬСИФИЦИРОВАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ,
НЕДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ
И КОНТРАФАКТНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ»**

В соответствии со статьями 47 и 59 Федерального закона "Об обращении лекарственных средств" Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемые Правила уничтожения изъятых фальсифицированных лекарственных средств, недоброкачественных лекарственных средств.
2. Настоящее постановление вступает в силу с 1 марта 2027 г. и действует до 1 марта 2032 г.

Председатель Правительства РФ
М.МИШУСТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 07.08.2026, "Собрание законодательства РФ", 10.08.2026, N 32, ст. 4564.

Начало действия документа - 01.03.2027 г.
Срок действия документа ограничен 1 марта 2032 года.

**ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 20 АВГУСТА 2026 Г. N 1031
«О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 30 ИЮНЯ 2021 Г. N 1097»**

Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в постановление Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. N 1097 "О федеральном государственном ветеринарном контроле (надзоре)" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, N 28, ст. 5527; 2022, N 36, ст. 6227; 2024, N 1, ст. 169; N 27, ст. 3836; 2025, N 9, ст. 969; N 34, ст. 5142).
2. Реализация полномочий, предусмотренных настоящим постановлением, осуществляется Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору в пределах установленной Правительством Российской Федерации предельной численности работников центрального аппарата и территориальных органов Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, а также бюджетных ассигнований, предусмотренных Службе на руководство и

управление в сфере установленных функций.
3. Подпункты "и" и "п" пункта 2 изменений, утвержденных настоящим постановлением, вступают в силу с 1 октября 2026 г.

Председатель Правительства РФ
М.МИШУСТИН

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 21.08.2026 г., "Собрание законодательства РФ", 24.08.2026 г., N 34, ст. 4665.

Начало действия документа - 29.08.2026 г. (за исключением отдельных положений). Данный документ вступает в силу по истечении 7 дней после дня официального опубликования (опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://pravo.gov.ru> - 21.08.2026 г.), за исключением отдельных положений, вступающих в силу в иные сроки.

Утверждены постановлением Правительства РФ
от 20 августа 2026 г. N 1031

**ИЗМЕНЕНИЯ,
КОТОРЫЕ ВНОСЯТСЯ В ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ 30 ИЮНЯ 2021 Г. N 1097**

1. В абзаце втором пункта 5 слова "1 сентября 2026 г." заменить словами "1 сентября 2027 г.".

2. В Положении о федеральном государственном ветеринарном контроле (надзоре), утвержденном указанным постановлением:

а) дополнить пунктом 6(1) следующего содержания:

"6(1). Решения о проведении обязательного профилактического визита, об объявлении предостережения, о проведении контрольного (надзорного) мероприятия, предусматривающего взаимодействие с контролирующими лицами, акты (в том числе акты о невозможности проведения) контрольного (надзорного) мероприятия, профилактического мероприятия, предписания об устранении выявленных нарушений оформля-

ются посредством внесения сведений о них в единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий и их подписания. Для оформления указанных решений, актов и предписаний отдельное формирование документа не требуется."

б) в пункте 12 слово "приложению" заменить словами "приложению N 1";

в) дополнить пунктом 14(1) следующего содержания:

"14(1). Объект государственного надзора считается отнесенным к одной из категорий риска после внесения сведений о нем в единый реестр видов федерального государственного контроля (надзора), регионального государственного контроля (надзора), муниципального контроля в соответствии с частью 3 статьи 24 Федерального

закона "О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации".;

г) пункт 18 после слов "федеральной государственной информационной системы "Единый портал государственных и муниципальных услуг (функций)" дополнить словами "(далее - единый портал)";

д) предложение первое пункта 23 после слов "контролируемыми лицами" дополнить словами ", в том числе посредством единого портала,";

е) предложение первое абзаца первого пункта 24 изложить в следующей редакции: "Консультирование осуществляется должностными лицами органа государственного надзора по телефону, посредством видео-конференц-связи, использования мобильного приложения "Инспектор", на личном приеме либо в ходе проведения профилактического мероприятия, контрольного (надзорного) мероприятия.";

ж) пункт 26 дополнить словами "или путем направления его посредством единого портала";

з) в пункте 31(1):

в предложении первом слова "беспилотные авиационные системы" заменить словами "беспилотные аппараты (системы)", слова "беспилотных авиационных систем" заменить словами "беспилотных аппаратов (систем)";

в предложении втором слова "Беспилотные авиационные системы" заменить словами "Беспилотные аппараты (системы)";

и) дополнить пунктом 31(2) следующего содержания:

"31(2). При выявлении признаков нарушений обязательных требований, полученных с использованием средств, работающих в автоматическом режиме, имеющих функции фотосъемки, видеозаписи, в том числе беспилотных аппаратов (систем), по перечню согласно приложению N 2 органом государственного надзора принимается решение о проведении контрольного (надзорного) мероприятия.";

к) пункт 40 изложить в следующей редакции:

"40. В случае если имеющихся в распоряже-

нии органа государственного надзора сведений и документов недостаточно, в ходе документарной проверки могут совершаться следующие контрольные (надзорные) действия:

получение письменных объяснений;

истребование документов;

экспертиза.

В ходе документарной проверки документы могут представляться контролируемыми лицами с использованием единого портала или мобильного приложения "Инспектор".;

л) пункт 45 дополнить абзацем следующего содержания:

"Выездное обследование может быть проведено с использованием беспилотных аппаратов (систем) в случае, если это определено заданием, предусмотренным частью 2 статьи 57 Федерального закона "О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации".;

м) абзац пятый пункта 47 дополнить предложением следующего содержания: "Обязательный профилактический визит проводится не более одного раза в год.";

н) абзац третий пункта 58 изложить в следующей редакции:

"Жалобы на решение Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, принятое центральным аппаратом Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, жалобы на решения должностных лиц центрального аппарата Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору рассматриваются руководителем Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору.";

о) нумерационный заголовок приложения к указанному Положению изложить в следующей редакции:

"Приложение N 1

к Положению о федеральном государственном ветеринарном контроле (надзоре)";

п) дополнить приложением N 2 следующего содержания:

"Приложение N 2

к Положению о федеральном государственном ветеринарном контроле (надзоре)

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЗНАКОВ НАРУШЕНИЙ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ, ИМЕЮЩИХ ФУНКЦИИ ФОТОСЪЕМКИ, ВИДЕОЗАПИСИ, В ТОМ ЧИСЛЕ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ (СИСТЕМ)

1. Отсутствие ограждения территории, на которой гражданами, в том числе в личных подсобных хозяйствах, в крестьянских (фермерских) хозяйствах, индивидуальными предпринимателями, учреждениями уголовно-исполнительной системы, иными организациями содержатся сельскохозяйственные животные, способом, обеспечивающим защиту от проникновения на эту территорию посторонних лиц и транспортных средств, а также ограничение доступа животных, включая животных без владельца и диких животных (за исключением птиц и мелких грызунов).

2. Отсутствие ограждений на пастбищах, где осуществляется круглогодичное пастбищное содержание крупного рогатого скота.

3. Отсутствие при въезде (выезде) на территорию (с территории), на которой гражданами, в том числе в личных подсобных хозяйствах, в крестьянских (фермерских) хозяйствах, индивидуальными предпринимателями, учреждениями уголовно-исполнительной системы, иными организациями содержатся сельскохозяйственные животные, помещений, зданий, сооружений или площадок для обработки транспортных средств в

целях дезинфекции внешних поверхностей при любых погодных условиях и исключения загрязнения указанной территории.

4. Выпас сельскохозяйственных животных на территориях бывших и действующих полигонов твердых бытовых отходов, скотомогильников, очистных сооружений, организаций по переработке кожевенного сырья, а также на территориях, на которых в течение последних 7 лет располагались кролиководческие, звероводческие и

птицеводческие хозяйства (фермы).

5. Осуществление убоя продуктивных сельскохозяйственных животных и птицы вне производственных объектов и иных мест, предназначенных для убоя таких животных и птицы.

6. Наличие биологических отходов вне мест их уничтожения (на объектах размещения отходов производства и потребления, в бытовых мусорных контейнерах, в полях, лесах, оврагах и водных объектах).".

**ПРИКАЗ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ВЕТЕРИНАРНОМУ
И ФИТОСАНИТАРНОМУ НАДЗОРУ ОТ 14 АВГУСТА 2026 Г. N 1036
«ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ФОРМЫ ОЦЕНОЧНОГО ЛИСТА, В СООТВЕТСТВИИ
С КОТОРЫМ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ ПО ВЕТЕРИНАРНОМУ
И ФИТОСАНИТАРНОМУ НАДЗОРУ (ЕЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ)
ПРОВОДИТСЯ ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ СОИСКАТЕЛЯ ЛИЦЕНЗИИ
ИЛИ ЛИЦЕНЗИАТА ЛИЦЕНЗИОННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СОДЕРЖАНИЮ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЖИВОТНЫХ В ЗООПАРКАХ, ЗООСАДАХ, ЦИРКАХ,
ЗООТЕАТРАХ, ДЕЛЬФИНАРИЯХ И ОКЕАНАРИУМАХ»**

Зарегистрировано в Минюсте России 14 сентября 2026 г. N 88261

В соответствии с частью 8 статьи 19.1 Федерального закона от 4 мая 2011 г. N 99-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности", пунктом 4, подпунктом 5.2(1).5 пункта 5 Положения о Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2004 г. N 327, пунктом 3 Положения о лицензировании деятельности по содержанию и использованию животных в зоопарках, зоосадах, цирках, зоотеатрах, дельфинариях и океанариумах, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2019 г. N 1938, приказываю:

1. Утвердить форму оценочного листа, в соответствии с которым Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (ее территориальными органами) проводится оценка соответствия соискателя лицензии или лицензиата лицензионным требованиям, предъявляемым при осуществлении деятельности по содержанию и использованию животных в зоопарках, зоосадах, цирках, зоотеатрах, дельфинариях и океанариумах (далее - Форма оценочного листа), со-

гласно приложению к настоящему приказу.

2. Признать утратившим силу приказ Россельхознадзора от 13 октября 2025 г. N 1310 "Об утверждении формы оценочного листа, в соответствии с которым Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (ее территориальными органами) проводится оценка соответствия соискателя лицензии или лицензиата лицензионным требованиям, предъявляемым при осуществлении деятельности по содержанию и использованию животных в зоопарках, зоосадах, цирках, зоотеатрах, дельфинариях и океанариумах" (зарегистрирован Минюстом России 9 декабря 2025 г., регистрационный N 84524).

3. Настоящий приказ действует до 1 сентября 2031 г.

И.о. Руководителя
Р.И.МИЛОРАДОВ

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 15.09.2026 г.

Начало действия документа - 26.09.2026 г.
Срок действия документа ограничен 1 сентября 2031 года.

**ПРИКАЗ МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РФ
ОТ 31 МАРТА 2026 Г. N 1509 «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ТИПОВОЙ ФОРМЫ ДОГОВОРА
НА ОКАЗАНИЕ УСЛУГ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ КОДОВ МАРКИРОВКИ
УЧАСТНИКАМ ОБОРОТА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ (ИЗДЕЛИЙ КОЛБАСНЫХ
И АНАЛОГИЧНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ МЯСА, СУБПРОДУКТОВ
ИЛИ КРОВИ ЖИВОТНЫХ, ИЗ МЯСА И СУБПРОДУКТОВ ПТИЦЫ),
УПАКОВАННЫХ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКУЮ УПАКОВКУ»**

В соответствии с абзацем вторым пункта 4 постановления Правительства Российской Федерации от 8 мая 2019 г. N 577 "Об утверждении размера платы за оказание услуг по предоставлению кодов маркировки, необходимых для формирования средств идентификации и обеспечения мониторинга движения товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентифика-

ции, а также о порядке ее взимания" приказываю:

1. Утвердить прилагаемую типовую форму договора на оказание услуг по предоставлению кодов маркировки участникам оборота мясных изделий (изделий колбасных и аналогичной пищевой продукции из мяса, субпродуктов или крови животных, из мяса и субпродуктов птицы), упакованных в потребительскую упаковку.

2. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Министра промышленности и торговли Российской Федерации Е.Г. Приезжеву.

Министр
А.А.АЛИХАНОВ

ПИСЬМО ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ВЕТЕРИНАРНОМУ И ФИТОСАНИТАРНОМУ НАДЗОРУ ОТ 15 АПРЕЛЯ 2026 Г. N ФС-КС-2/6981

В соответствии со статьей 18 Закона Российской Федерации от 14.05.1993 N 4979-1 "О ветеринарии" (далее - Закон о ветеринарии) ответственность за здоровье, содержание и использование животных несут их владельцы, а за выпуск безопасной в ветеринарном отношении продукции животного происхождения - производители этой продукции. Обязанность по обеспечению маркирования животных возложена на владельцев животных.

В соответствии с пунктом 1 статьи 19.1 Закона о ветеринарии маркирование и учет животных осуществляются в целях предотвращения распространения заразных болезней животных, а также в целях выявления источников и путей распространения возбудителей заразных болезней животных.

Порядок и сроки осуществления учета и маркирования сельскохозяйственных животных регламентируются постановлением Правительства Российской Федерации от 05.04.2023 N 550 "Об утверждении правил осуществления учета животных и перечня видов животных, подлежащих индивидуальному или групповому маркированию и учету, случаев осуществления индивидуального или группового маркирования и учета, а также сроков осуществления учета животных", а также ветеринарными правилами маркирования и учета животных, утвержденными приказом Минсельхоза России от 03.11.2023 N 832.

Таким образом, в оборот и в свободную реализацию должна попадать продукция животного происхождения (мясо, мясопродукты, шерсть, молоко и др.), полученная исключительно от учтенных и маркированных в установленном порядке животных, и только способами, предусмотренными зако-

Источник публикации:

Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>, 24.06.2026 г.

Начало действия документа - 05.07.2026 г.

нодательством Российской Федерации.

Поскольку неучтенные животные и полученная от таких животных продукция представляют высокие риски в отношении их безопасности в ветеринарном отношении и способствуют распространению заразных болезней животных, в том числе болезней, общих для человека и животных, на промышленные предприятия, а также на рынки, ярмарки и иные санкционированные места торговли должны попадать продукты и товары животного происхождения, полученные от учтенных и идентифицированных животных.

Учитывая изложенное, прошу поручить соответствующим органам исполнительной власти субъекта Российской Федерации:

- обеспечить осуществление оформления и выдачи ветеринарных сопроводительных документов на сельскохозяйственных животных, мясную, молочную продукцию, иные продукты животного происхождения при обязательном условии получения данной продукции от животных, учтенных и маркированных в установленном законодательством Российской Федерации порядке, а также зарегистрированных в компоненте ФГИС "ВетИС" "Хорриот";

- исключить какую-либо возможность для оформления и выдачи специалистами региональных органов и учреждений государственной ветеринарной службы ветеринарных сопроводительных документов на неучтенных и не идентифицированных в установленном порядке животных и на продукцию, полученную от таких животных.

Заместитель Руководителя
К.А.САВЕНКОВ

Источник публикации:

Документ опубликован не был.

РАЗЪЯСНЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО АККРЕДИТАЦИИ ОТ 31 АВГУСТА 2026 ГОДА «О ПОРЯДКЕ ДЕЙСТВИЯ РАЗРЕШИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»

Росаккредитация обращает внимание, что сертификаты соответствия и декларации о соответствии, которые были выданы по требованиям, действовавшим до изменений 2025 года, вскоре могут утратить силу. Служба рекомендует органам по сертификации и заявителям провести ревизию своих документов.

В 2025 году постановлениями Правительства РФ от 14.05.2025 N 642 и от 11.09.2025 N 1403 внесены изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 23.12.2021 N 2425, утверждающее единые перечни продукции, подлежащей сертификации и декларированию, которые в том числе скорректировали требова-

ния и методы исследований (испытаний) и измерений, применяемые к такой продукции.

Эти изменения затронут только те сертификаты и декларации на продукцию, в отношении которой изменились документы по стандартизации, устанавливающие требования и методы исследований (испытаний) и измерений, в соответствии с ПП РФ N 642. При этом документы об оценке соответствия, на которые указанные изменения не распространяются, не изменят своего статуса.

Росаккредитация рекомендует:

1. Проверить в реестре все действующие сертификаты и декларации.
2. Если на данную продукцию распространя-

ются изменения по ПП РФ N 642 - оформить новый документ уже по актуальным требованиям (при необходимости).

Росаккредитация будет обращать особое внимание на соблюдение вышеуказанных требований при оказании государственных услуг, проведении мониторинга и контрольно-надзорных мероприятий.

Важно!

Товары, которые были выпущены в обращение на территории РФ пока действовал старый серти-

фикат, можно продавать и использовать дальше - в пределах их срока годности или срока службы.

Настоящее разъяснение не является нормативным правовым актом, не содержит обязательных предписаний и носит исключительно информационный характер.

Источник публикации:

Документ опубликован не был.

Текст документа приведен в соответствии с публикацией на сайте <https://fsa.gov.ru> по состоянию на 01.09.2026 г.

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц.

Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**



КОММЕНТАРИИ

СПЕЦИАЛИСТОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

УДК 619:614.35(47+57-67)

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2026.3.18

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ ВЕТЕРИНАРНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ В ЕВРАЗИЙСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОЮЗЕ НА ОСНОВЕ ЕДИНЫХ ПРИНЦИПОВ: ТРУДНОСТИ ПЕРЕХОДА

Семен Федорович Жаворонков^{1,2}, Евгения Сергеевна Жаркова^{2✉}, Глеб Михайлович Самойлов³

^{1,3}Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Российская Федерация

^{1,2}Ассоциация ветеринарных фармацевтических производителей, Российская Федерация

¹соискатель, Школа политических исследований Института общественных наук Российской академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС); Исполнительный директор Ассоциации ветеринарных фармацевтических производителей, orcid.org/0009-0004-5891-3707

²юрист Ассоциации ветеринарных фармацевтических производителей, email: zharkovaeudgin@mail.ru, orcid.org/0009-0001-6530-7113

³аспирант кафедры государственного регулирования экономики, Институт государственной службы и управления РАНХиГС, orcid.org/0009-0001-1578-1159

РЕФЕРАТ

В статье проводится комплексный анализ правового регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в условиях перехода от взаимного признания к единообразным процедурам. Актуальность исследования обусловлена неоднородной готовностью государств-членов к имплементации наднациональных норм, необходимостью выявления потенциальных барьеров для формирования общего рынка и выработки путей их преодоления. На основе оценки нормативно-правовой базы (Договор о ЕАЭС, Правила ЕАЭС, решения ЕЭК) установлено, что основным ограничением является отсутствие обширной практики применения новых процедур и данных о фактической готовности регуляторов и бизнеса к новым требованиям. Дополнительными препятствиями выступают отсутствие утверждённых размеров сборов и закреплённых полномочий уполномоченных органов. В заключение авторы предлагают завершить в пределах продлённого переходного периода (до 2030 г.) гармонизацию национальных правовых актов и синхронизировать сроки приведения регистрационных досье в соответствие с Фармакопеей Союза, а также активизировать информационное взаимодействие и унификацию инспекционных подходов между государствами-членами. Реализация указанных мер, по мнению авторов, позволит снять институциональные барьеры, обеспечит предсказуемость регуляторной среды и создаст условия для устойчивого развития ветеринарной биофармацевтики на всём пространстве ЕАЭС.

Ключевые слова: ветеринарные лекарственные препараты; обращение ветеринарных лекарственных средств; гармонизация обращения; Евразийский экономический союз; ЕАЭС; единый рынок.

Для цитирования: Жаворонков С.Ф., Жаркова Е.С., Самойлов Г.М. Регулирование обращения ветеринарных лекарственных средств в Евразийском экономическом союзе на основе единых принципов: трудности перехода. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:18-26. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.18>

REGULATION OF THE CIRCULATION OF VETERINARY MEDICINAL SUBSTANCES IN THE EURASIAN ECONOMIC UNION BASED ON UNIFORM PRINCIPLES: TRANSITION CHALLENGES

Semen F. Zhavoronkov^{1,2}, Evgeniya S. Zharkova^{2✉}, Gleb M. Samoilov³

^{1,3}Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Russian Federation

^{1,2}Association of Veterinary Pharmaceutical Manufacturers, Russian Federation

¹applicant, School of Political Studies, Institute of Social Sciences, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPa); Executive director of the Association of veterinary pharmaceutical manufacturers, orcid.org/0009-0004-5891-3707

²Lawyer in the Association of veterinary pharmaceutical manufacturers, email: zharkovaeudgin@mail.ru, orcid.org/0009-0001-6530-7113

³Postgraduate student, Department of State Regulation of the Economy, Institute of Public Administration and Management, RANEPa, orcid.org/0009-0001-1578-1159

ABSTRACT

The article provides a comprehensive analysis of the legal regulation of veterinary medicinal substances circulation within the Eurasian Economic Union (EAEU) in the context of the transition from mutual recognition to uniform procedures. The relevance of the study is determined by the uneven readiness of the EAEU member states to implement supranational norms, the need to identify potential barriers to the formation of a common market, and the development of measures to overcome them. Based on an analysis of the regulatory framework (the Treaty on the EAEU, the EAEU Rules, and decisions of the Eurasian Economic Commission), the study establishes that the key challenge is the lack of sufficient practical experience in applying the new procedures and of reliable data on the actual readiness of regulatory authorities and businesses to comply with the new requirements. Additional obstacles include the absence of approved fee schedules and clearly defined powers of the authorized bodies. The authors propose completing the harmonization of national legal acts within the extended transitional period (until 2030), synchronizing the timelines for bringing registration dossiers into compliance with the EAEU Pharmacopoeia, and strengthening information exchange and the harmonizing inspection approaches among member states. The implementation of these measures, in the authors' opinion, will remove institutional barriers, ensure predictability of the regulatory environment, and create conditions for the sustainable development of veterinary medicinal products manufacturing throughout the EAEU.

Key words: veterinary medicinal products (VMPs); veterinary drugs; circulation of veterinary medicinal substances; harmonization of circulation; Eurasian Economic Union; EAEU; common market for VMPs.

For citation: Zhavoronkov S.F., Zharkova E.S., Samoylov G.M. Regulation of the circulation of veterinary medicinal substances in the Eurasian Economic Union based on uniform principles: transition challenges. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:18-26. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.18>

ВВЕДЕНИЕ

Регулирование обращения ветеринарных лекарственных средств (ВЛС) на пространстве Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС, Союз) активно трансформируется, продолжаются процессы создания общих положений, актуализации и гармонизации национальных процедур, вводятся новые обязательные требования.

Весной 2024 г. вступили в силу Правила регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на таможенной территории ЕАЭС (далее – Правила ЕАЭС) [1], первый комплексный акт, обязывающий государства – члены Союза применять единообразные процедуры. Тем самым созданы предпосылки для дальнейшей эволюции принципа организации общего рынка ветпрепаратов – от взаимного признания регистрационных удостоверений к работе на основе единообразных процедур. Вместе с тем принятие указанного документа задает лишь вектор возможного развития, не гарантируя ни конечного результата, ни – как продемонстрировала кратковременная практика – сроков его достижения. Дальнейшая эволюция и темпы формирования единого рынка обращения ветпрепаратов находятся в прямой зависимости от готовности государств-членов имплементировать соответствующие положения в национальное законодательство.

Цель исследования в условиях описанной трансформации – сформировать целостное представление о текущей системе регулирования обращения ВЛС в ЕАЭС. На основе анализа сложившейся нормативной базы предполагается оценить степень завершенности формирования механизмов, выявить потенциальные барьеры перехода евразийского рынка ветпрепаратов на работу на основе единообразных процедур и предложить пути их преодоления. Для решения этих задач планируется последовательно проанализировать правовые нормы, лежащие в основе общего рынка и влияющие на его дальнейшее развитие, определить значимые параметры (ключевые точки) переходного периода и обозна-

чить возможные сложности, решение которых может стать драйвером развития ветеринарной биофармацевтики на всем пространстве Союза и основой последующего углубления гармонизации регулирования обращения ВЛС.

Проблематика правового регулирования общих рынков продукции, подлежащей особому контролю, актуальна и привлекает внимание российских и зарубежных исследователей, особенно на этапе формирования таких рынков. В качестве примера можно привести работу Т. Gehring и S. Krapohl [2], посвященную обращению лекарственных средств для медицинского применения в странах Европейского союза, или обширную монографию [3], в которой рассматривается в том числе влияние евразийского законодательства на правовые основы обращения препаратов в России. А. Ворона и М. Губина в своем исследовании [4] приходят к выводу, что международная интеграция становится необходимым условием развития отрасли. Формирование общего рынка медицинских лекарственных средств (лекарственных средств для медицинского применения) в ЕАЭС началось раньше и продвинулось дальше, а потому широко отражено в работах исследователей, в частности в работах А. Зарембы и Е. Рычихиной [5]. Актуальные вопросы функционирования и развития единого рынка лекарственных средств ЕАЭС, а также связанная проблематика освещены в статье В. Тонконог, П. Ананченковой, Н. Шамаковского и М. Врубеля [6]. Взгляд на общий рынок ЕАЭС с позиции Республики Беларусь освещен в публикации Е. Лавника [7].

Относительно небольшое количество исследователей занимаются вопросами евразийской интеграции в сфере обращения ветеринарных препаратов. А. Дельцов и И. Косова провели сравнительное исследование ассортимента [8], а Ф. Шухов [9] зафиксировал существенные законодательные новации в сфере ветеринарной фармации, а также вызовы и проблемы взаимодействия с рынками других стран, в том числе входящих в

ЕАЭС. В этом контексте особенно примечательны работы В. Субботина [10–11], в том числе написанные в соавторстве, позволяющие проследить эволюцию логики создателей общего рынка ветпрепаратов ЕАЭС. Представители российских производителей, например С. Лахтюхов, более 10 лет назад высказывались в своих работах в поддержку гармонизации требований к регистрации ветпрепаратов на территории ЕАЭС [12].

В условиях активного изменения законодательства в 2022–2026 гг., с учетом ограниченного освещения темы в научных работах, предложенное исследование вопросов перехода к обращению ВЛС в ЕАЭС по единым правилам представляется весьма актуальным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье используется анализ правового регулирования и метод сравнительного анализа применительно к законодательству РФ и ЕАЭС в области обращения ВЛС.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевым этапом евразийской экономической интеграции и предпосылкой к созданию единого рынка послужило создание единой таможенной территории и формирование Таможенного союза в 2009–2010 гг. [13]. Рынок фармацевтических препаратов стал первым общим рынком в рамках ЕАЭС [10]. Основы функционирования общего рынка ветпрепаратов в регионе начали формироваться в начале 2010-х гг., ещё до образования ЕАЭС, когда были предприняты первые шаги к интеграции в области ветеринарии и безопасности продукции животноводства.

Согласно п. 3.13 Положения о едином порядке осуществления ветеринарного контроля в ЕАЭС, утвержденного в 2010 г. [14], между государствами-членами действует взаимное признание результатов регистрации ветпрепаратов и кормовых добавок, которое сохраняется и сегодня.

В 2012 г. для углубления интеграции и расширения сфер сотрудничества между странами-участницами при создании Евразийской экономической комиссии (далее – ЕЭК, Комиссия) ей были переданы полномочия Комиссии Таможенного союза. Комиссия обеспечивает согласованность действий по гармонизации законодательств государств-членов в сфере обращения лекарственных средств, в том числе ветеринарных.

В текущий период в состав Союза входят 5 государств: Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация. Нормативная база обращения ветпрепаратов в данных государствах имеет двухуровневую структуру – национальное законодательство и наднациональное право Союза.

Наднациональное регулирование

Нормативную основу права Союза образуют: Договор о ЕАЭС; международные договоры в рамках ЕАЭС, международные договоры Союза с третьими государствами. К ним также относятся решения и распоряжения Высшего Евразийского экономического совета, Евразийского межправительственного совета и ЕЭК, принятые ими в пределах компетенции, предусмотренной Договором.

К иерархии нормативных актов высшую ступень занимают межгосударственные акты, которые превалируют над национальным законодательством государств – членов ЕАЭС и приобретают обязательную силу только после ратификации в странах-участницах. Для обращения ВЛС важны:

- ♦ статьи 30 и 100 Договора о ЕАЭС (далее – Договор) [15];

- ♦ Соглашение о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках ЕАЭС (далее – Соглашение) [16];

- ♦ Договоры о присоединении Республики Армения [17] и Кыргызской Республики к Договору о ЕАЭС [18];

- ♦ Протокол о присоединении Республики Армения к Соглашению [19].

Основой правового регулирования обращения лекарственных средств на общем рынке ЕАЭС служат статья 30 Договора о ЕАЭС и положения Соглашения, закрепляющие единые принципы общего рынка:

- ♦ соответствие стандартам надлежащих фармацевтических практик – в ветеринарии применяются унифицированные стандарты: Правила надлежащей производственной практики (утв. Решением Совета ЕЭК от 3.11.2016 г. № 77); Правила надлежащей дистрибьюторской практики (утв. Решением Совета ЕЭК от 3.11.2016 г. № 80) и др.;

- ♦ обеспечение единообразия обязательных требований к качеству, эффективности и безопасности лекарств – обеспечивается системой мер, включающей унификацию регуляторных требований, участие в регистрационных процедурах регуляторов всех государств, где планируется обращение препарата;

- ♦ гармонизация и унификация национальных законодательных требований, формирование единых правил в сфере обращения лекарственных средств осуществляется под координирующим началом Комиссии. Данный подход реализуется путем принятия ЕЭК унифицированных актов, приведение внутреннего законодательства государств-членов в соответствие с согласованными подходами ЕАЭС, признание утратившими силу или отмены национальных норм, противоречащих праву Союза;

- ♦ разработка и внедрение унифицированных или сопоставимых методов оценки качества, эффективности и безопасности, что позволяет сравнивать результаты исследований, проводимых в разных организациях или странах, обеспечивая объективность и прозрачность; применяются унифицированные методики испытаний и измерений, взаимно признаются результаты испытаний и сертификации;

- ♦ гармонизация законодательства в области контроля (надзора) достигается путем согласования принципов, процедур и нормативных требований.

Договор о ЕАЭС задает стратегические ориентиры интеграции рынков продукции, для агропромышленного комплекса, и, в частности, предусматривает разработку и принятие единых правил обращения ВЛС. Указанные правила устанавливаются Советом ЕЭК на основании

полномочий, закрепленных в п. 57 Приложения № 1 к Регламенту работы ЕЭК, утв. Решением ВЕЭС от 23.12.2014 г. № 98 [20], а также в соответствии с национальным законодательством государств-членов. Реализация данных мер осуществляется в рамках интеграционных процедур согласно утверждённому рабочему плану [21]:

- ♦ Правила регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на таможенной территории ЕАЭС (утв. Решением Совета ЕЭК от 21.01.2022 г. № 1) [1] – приняты;

- ♦ Правила регулирования обращения диагностических средств ветеринарного назначения на таможенной территории ЕАЭС (утв. Решением Совета ЕЭК от 23.09.2022 г. № 140) [22] – приняты;

- ♦ Правила регулирования обращения дезинфицирующих, дезинсекционных и дезакариационных средств ветеринарного назначения на таможенной территории ЕАЭС (утв. Решением Совета ЕЭК от 12.12.2023 г. № 150) [23] – приняты;

- ♦ Номенклатура лекарственных форм ветпрепаратов (утв. Решением Коллегии ЕЭК от 22.12.2015 г. № 172) [24] – действует;

- ♦ Требования к маркировке ВЛС (утв. Решением Совета ЕЭК от 3.11.2016 г. № 76) [25] – применяются.

Акты Совета ЕЭК и Коллегии ЕЭК образуют следующий иерархический уровень регулирования. Они обладают прямым действием, подлежат непосредственному применению на территориях государств-членов без принятия дополнительных национальных актов, имеют приоритет над внутренним законодательством государств-членов и являются обязательными для исполнения всеми государствами-членами

Нижний уровень документов Союза представляют собой рекомендации Коллегии ЕЭК. В отношении ветеринарных препаратов можно выделить, например, Руководство по исчислению даты начала отсчёта срока годности готовых лекарственных форм препаратов [26].

Приоритет права ЕАЭС над национальным законодательством государств-членов распространяется на сферы, отнесенные к исключительной компетенции Союза. В связи с этим по вопросам, переданным на наднациональный уровень регулирования, государства-члены обязаны воздерживаться от принятия внутренних нормативных актов, противоречащих нормам права Союза.

Фармакопея Союза

Единая для медицинских и ветеринарных лекарственных средств Фармакопея Союза утверждена Решением Коллегии ЕЭК от 11.08.2020 г. № 100 [27]. Регистрационные досье на ветеринарные препараты, если они зарегистрированы по национальным процедурам, должны быть приведены в соответствие с Фармакопеей ЕАЭС до конца 2027 г. [28]. В связи с продлением переходного периода, установленного в Решении Совета ЕЭК от 21.01.2022 г. № 1, в настоящее время рассматривается возможность внесения изменений в Решение Коллегии ЕЭК от 11.08.2020 г. № 100 и пролонгации сроков до конца 2030 г.

Наглядно нормативно-правовое регулирование рынка ветпрепаратов в ЕАЭС отражено на

рисунке 1 с учётом эволюции регулирования смежных товарных групп.

Правила регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств в ЕАЭС

13 марта 2024 г. вступили в силу Правила ЕАЭС, регламентирующие во всех государствах-членах единые «евразийские» процедуры регистрации, подтверждения регистрации и внесения изменений в регистрационные досье ветпрепаратов. Документ устанавливает единые формы регистрационных документов, правила проведения фармацевтических инспекций на соответствие требованиям Правил GMP ЕАЭС (GMP – Good Manufacturing Practice (англ.), надлежащая производственная практика [29]; Приложение № 26), унифицирует принципы проведения доклинических и клинических исследований (испытаний), требования к операциям ввоза, транзита, перемещения и вывоза ветеринарных лекарственных средств. Прекращено обращение ряда препаратов (Приложение № 4), описан порядок формирования, ведения и использования реестров и информационных баз данных ЕАЭС в сфере обращения ВЛС, закреплён единый подход к информационному взаимодействию государств-членов при осуществлении государственного контроля (надзора).

Работа общего рынка в переходный период

Вместе с текстом Правил ЕАЭС Решением Совета ЕЭК от 21.01.2022 г. № 1 также определены условия и сроки переходных периодов для обращения ветпрепаратов как на таможенной территории ЕАЭС в целом, так и в отдельных государствах-членах. Первоначальная редакция Решения № 1 предусматривала переходный период продолжительностью 3 года и 9 месяцев (до конца 2027 г.). Впоследствии третьим пакетом поправок (утв. Решением Совета ЕЭК от 24.02.2026 г. № 33) сроки переходных периодов продлены ещё на 3 года – до конца 2030 г. Механизмы обеспечения доступа ветпрепаратов на рынок в условиях обновлённых положений переходного периода приведены на рисунке 2.

В течение всего переходного периода:

- ♦ сохраняются «национальные» процедуры регистрации и связанные с ними процедуры; зарегистрированные таким образом препараты могут обращаться только на территории соответствующего государства-члена ЕАЭС в течение не более 5 лет – не позднее 2035 г.;

- ♦ регистрационные удостоверения, выданные до 13 марта 2024 г., либо выданные по заявлениям, полученным до 13 марта 2024 г., продолжают действие на всей территории ЕАЭС; регистрационные досье на такие препараты должны быть приведены в соответствие с требованиями Правил ЕАЭС до окончания срока их действия и не позднее конца 2030 г.;

- ♦ взаимное признание уполномоченными органами всех государств – членов ЕАЭС документов, подтверждающих соответствие производителей требованиям GMP ЕАЭС; такие заключения действительны до окончания срока их действия.

Решение Совета ЕЭК № 1 от 21.01.2022 г. также адресует государствам-членам рекоменда-

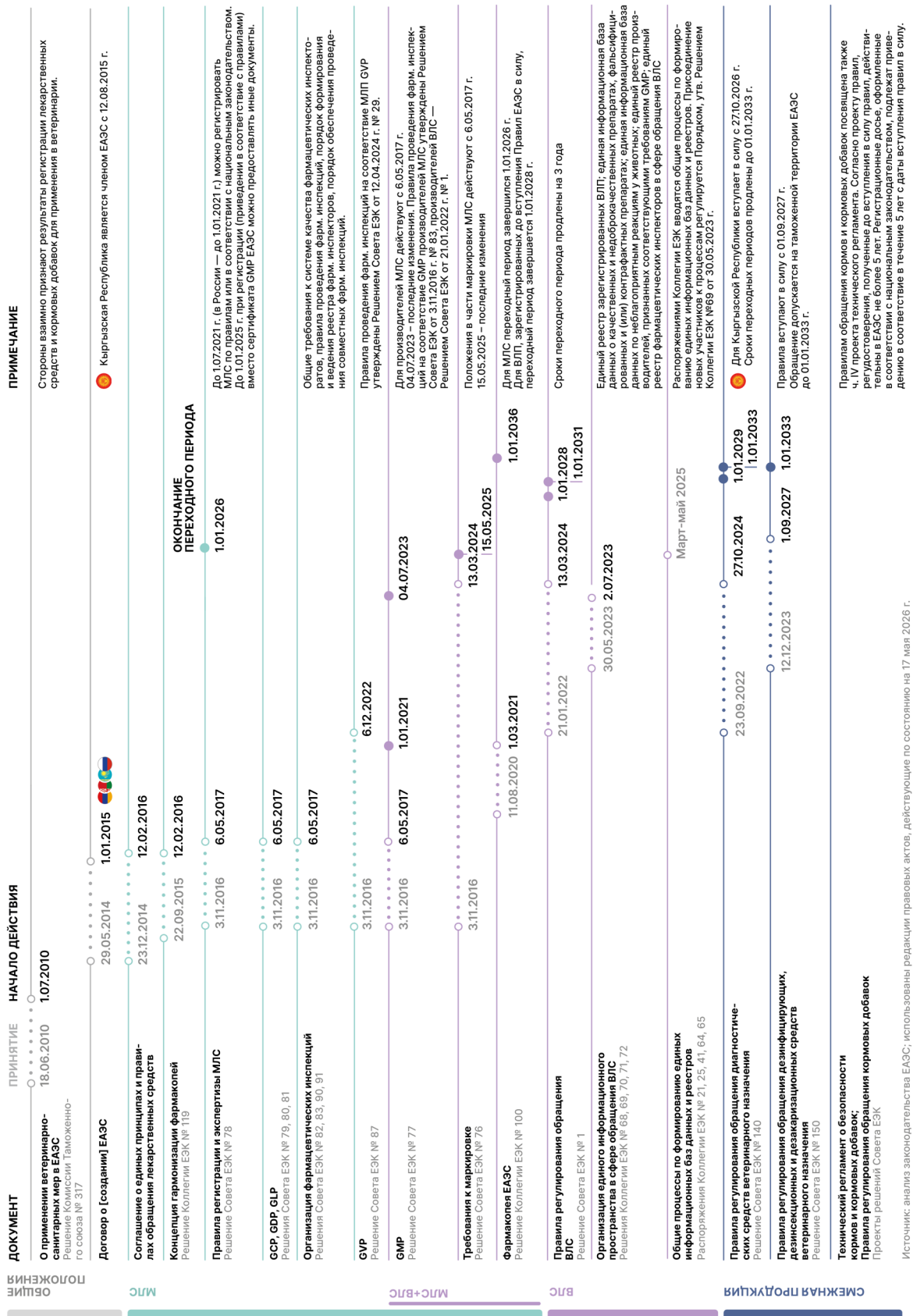


Рисунок 1. Нормативное правовое регулирование обращения ветеринарных лекарственных средств в ЕАЭС в контексте регулирования смежных товарных групп. (Рисунок подготовлен авторами)

Figure 1. Regulatory framework for the circulation of veterinary medicinal products in the EAEU in the context of the regulation of related product groups. (The figure was prepared by the authors)

Подано заявление на регистрацию	Выдано регудостоверение	По какой процедуре	Срок действия	Где действует и примечание
до 13.03.2024	до и после 13.03.2024	по национальной	не дольше 1.01.2031 По законодательству государства-члена	 Регистрационное досье подлежит приведению в соответствие с Правилами ЕАЭС и Фармакопеей ЕАЭС
после 13.03.2024	после 13.03.2024	по национальной	не дольше 1.01.2036 до 5 лет	Только на территории выдавшего государства Регистрационное досье подлежит приведению в соответствие с Правилами ЕАЭС и Фармакопеей ЕАЭС
после 13.03.2024	после 13.03.2024	по Правилам ЕАЭС	5 лет, потом бессрочно или бессрочно*	 в комбинации по выбору заявителя

*если ВЛП был зарегистрирован на территории хотя бы 1 государства-члена более 5 лет и находился в обращении не менее 3 лет.

Рисунок 2. Сроки переходных периодов по Правилам ЕАЭС. (Рисунок подготовлен авторами)
Figure 2. Transitional Periods under the EAEU Rules. (The figure was prepared by the authors)

цию до 13 марта 2024 г. установить размеры сборов (пошлин) или иных обязательных платежей, предусмотренных Правилами ЕАЭС, и определить органы, уполномоченные осуществлять регистрацию, связанные с ней процедуры, а также инспектировать производство. С учётом особенностей процессов разработки, согласования и внесения соответствующих изменений в законодательство государств-членов выполнение перечисленных рекомендаций продолжается до настоящего времени. Это стало одним из основных факторов продления переходного периода Решением Совета ЕЭК № 33 от 24.02.2026 г. До завершения перечисленных процедур во всех государствах-членах производители и импортеры ветеринарных лекарственных препаратов не могут в полной мере воспользоваться единообразными процедурами, предусмотренными евразийским законодательством, и начать про-

цесс приведения регистрационных досье в соответствие с требованиями Правил ЕАЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принятие Правил ЕАЭС создало правовую базу перехода общего рынка ветеринарных лекарственных препаратов ЕАЭС от безусловного взаимного признания регистрационных удостоверений к работе на основании единообразных процедур. Продление переходного периода до конца 2030 г. призвано помочь уполномоченным органам государств-членов завершить разработку, утверждение и вступление в силу необходимых правовых актов национального законодательства, а бизнесу – адаптировать внутренние процессы, приоритизировать портфель препаратов, адаптировать регистрационные досье и подать материалы на приведение в соответствие с требованиями Правил ЕАЭС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Решение Совета ЕЭК от 21.01.2022 № 1 (ред. от 24.02.2026) «О Правилах регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на таможенной территории Евразийского экономического союза». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409228/ (дата обращения 25.09.2026)
2. Геринг Т., Краполь С. Регулирование единого рынка между технократической независимостью и политическим контролем: Европейское агентство по оценке лекарственных средств и регистрация фармацевтических препаратов. Дискуссионный документ BACES. Бамберг: Бамбергский центр эмпирических исследований (BACES); 2004. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-195842> (дата обращения 25.09.2026)
3. Андреева ЛВ, Андреева ТА, Ершова ИВ и др. Правовые основы обращения лекарственных препаратов для медицинского применения. М.: Проспект, 2017. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010048580/ (дата обращения 25.09.2026)
4. Ворона АА, Губина МА. Фармацевтический рынок ЕАЭС: тенденции и перспективы развития. Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2022;16(4):43–54. <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2022-04-43-54>
5. Заремба АГ, Рычихина ЕМ. Соотнесение норм национального права и права ЕАЭС в сфере регулирования обращения лекарственных средств до и после 1 января 2026 года. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2023;13(4):586–600. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-13-4-586-600>
6. Тонконог ВВ, Ананченкова ПИ, Шимановский НЛ, Врубелъ МЕ. Актуальные вопросы функционирования и развития единого рынка лекарственных средств Евразийского экономического союза. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023;31(2): 1268–74. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-funktsionirovaniya-i-razvitiya-edinogo-rynka-lekarstvennyh-sredstv-evraziyskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (дата обращения 25.09.2026)
7. Лавник ЕБ. Фармацевтический рынок Республики Беларусь на современном этапе формирования общего рынка

- лекарственных средств Евразийского экономического союза: пути развития и интеграции. Вестник фармации. 2024;4(106):18–24. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.4.18> (дата обращения 25.09.2026)
8. Дельцов АА, Косова ИВ. Современное состояние фармацевтического рынка лекарственных средств для ветеринарного применения в странах ЕАЭС. Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2020;1(27):61–7. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://zhurnal-vokls.ru/wp-content/uploads/2023/09/delcov_61_67.pdf (дата обращения 25.09.2026)
9. Шухов ФГ. Нормативно-правовое регулирование ветеринарной фармации: достижения и вызовы. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2022;(4):23–6. doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.4.23
10. Субботин ВВ. Правила регулирования обращения ветеринарных лекарственных средств на таможенной территории ЕАЭС. VETPHARMA. 2015;5(27):16–9.
11. Субботин ВВ, Алексеева ЕЮ, Бурба ГЛ и др Евразийскому экономическому союзу – 10 лет! Ветеринария и кормление. 2024;3;4–11.
12. Лактюхов С. Состояние российского рынка ветеринарных препаратов. Птицепром. 2015;2(26):60–2.
13. Договор Межгосударственного Совета ЕврАзЭС от 06.10.2007 г. «О создании единой таможенной территории и формировании Таможенного союза». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93361/ (дата обращения 25.09.2026)
14. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.06.2010 г. № 317 (ред. от 16.12.2025) «О применении ветеринарно-санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» (вместе с «Положением о едином порядке осуществления ветеринарного контроля (надзора) на таможенной границе Евразийского экономического союза и на таможенной территории Евразийского экономического союза», «Едиными ветеринарными (ветеринарно-санитарными) требованиями, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору)»). [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102177/ (дата обращения 25.09.2026)
15. Договор о Евразийском экономическом союзе (подписан в г. Астане 29.05.2014 г.) (ред. от 25.05.2023 г., с изм. и доп., вступ. в силу с 24.06.2024 г.). Ратифицирован Федеральным законом от 3.10.2014 г. N 279-ФЗ «О ратификации Договора о Евразийском экономическом союзе». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163855/ (дата обращения 25.09.2026)
16. Соглашение о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза (заключено в г. Москве 23.12.2014 г.). Ратифицировано Федеральным законом от 31.01.2016 № 5-ФЗ «О ратификации Соглашения о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172765/ (дата обращения 25.09.2026)
17. Договор о присоединении Республики Армения к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 г. (с изменениями на 14.04.2020 г.). Ратифицирован Федеральным законом от 22.12.2014 № 420-ФЗ «О ратификации Договора о присоединении Республики Армения к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169854/ (дата обращения 25.09.2026)
18. Договор о присоединении Кыргызской Республики к Договору о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 г. (подписан в г. Москве 23.12.2014 г., ред. от 01.10.2019 г.). Ратифицирован Федеральным законом от 13.07.2015 № 219-ФЗ. ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172976/ (дата обращения 25.09.2026)
19. Протокол о присоединении Республики Армения к Соглашению о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза от 23 декабря 2014 г. (вступил в силу для РФ 26.04.2017 г.).». [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/protokol-o-prisoedinenii-respubliki-armenija-k-soglasheniiu-o-edyinykh/> (дата обращения 25.09.2026)
20. Решение Высшего Евразийского экономического совета от 23.12.2014 № 98 (ред. от 25.12.2023) «О Регламенте работы Евразийской экономической комиссии». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172827/ (дата обращения 25.09.2026)
21. Решение Совета ЕЭК от 16.07.2014 № 58 (с изменениями на от 23.06.2023) «О рабочем плане разработки актов и международных договоров в соответствии с Договором о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года».». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168691/ (дата обращения 25.09.2026)
22. Решение Совета ЕЭК от 23.09.2022 №140 (ред. от 24.09.2024) «О Правилах регулирования обращения диагностических средств ветеринарного назначения на таможенной территории Евразийского экономического союза».». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_427606/ (дата обращения 25.09.2026)
23. Решение Совета ЕЭК от 12.12.2023 № 150 «О Правилах регулирования обращения дезинфицирующих, дезинсекционных и дезакаризационных средств ветеринарного назначения на таможенной территории Евразийского экономического союза». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465283/ (дата обращения 25.09.2026)
24. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.12.2015 № 172 «Об утверждении Номенклатуры лекарственных форм» (ред. от 21.11.2023). ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193279/ (дата обращения 25.09.2026)
25. Решение Совета ЕЭК от 03.11.2016 № 76 (ред. от 15.05.2025) «Об утверждении Требований к маркировке лекарственных средств для медицинского применения и ветеринарных лекарственных средств». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207463/ (дата обращения 25.09.2026)
26. Рекомендация Коллегии ЕЭК от 26.02.2020 № 2 (ред. от 17.09.2024) «О Руководстве по исчислению даты начала отсчета срока годности готовых лекарственных форм лекарственных препаратов для медицинского применения и ветеринарных лекарственных препаратов». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_346909/ (дата обращения 25.09.2026)
27. Решение Коллегии ЕЭК от 11.08.2020 № 100 (ред. от 25.06.2024) «О Фармакопее Евразийского экономического союза». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_359911/ (дата обращения 25.09.2026)

ния 25.09.2026)

28. Решение Коллегии ЕЭК от 22.09.2015 № 119 «О Концепции гармонизации фармакопей государств-членов Евразийского экономического союза». ». [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420303607> (дата обращения 25.09.2026)

29. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016 № 77 (ред. от 04.07.2023) «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза».». [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207780/ (дата обращения 25.09.2026)

REFERENCES

1. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission No. 1 dated January 21, 2022 (as amended on February 24, 2026) "On the Rules for Regulating the Circulation of Veterinary Medicinal Products within the Customs Territory of the Eurasian Economic Union." [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409228/
2. Gering T., Krapohl S. Regulating a Complex Market between Technocratic Independence and State Control: The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products and Pharmaceutical Registration. BACES Discussion Paper. Bamberg: Bamberg Center for Empirical Studies (BACES); 2004. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://nbn-resolve.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-195842>
3. Andreeva L.V., Andronova T.A., Ershova I.V., et al. Legal Foundations for the Use of Medicinal Products for Medical Use. Moscow: Prospekt, 2017. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010048580/
4. Vorona A.A., Gubina M.A. The EAEU Pharmaceutical Market: Changing and Forecasting Development. Eurasian Integration: Economy, Law, Politics. 2022;16(4):43–54. (in Russ) <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2022-04-43-54>
5. Zarembo AG, Rychikhina EM. Correlation between national legal norms and EAEU regulations regarding the circulation of medicinal products before and after January 1, 2026. Regulatory Research and Expert Evaluation of Medicinal Products. 2023;13(4):586–600. (in Russ) <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-13-4-586-600>
6. Tonkonog VV, Ananchenkova PI, Shimanovsky NL, Vruble ME. Current issues regarding the provision and development of the Eurasian Economic Union medicinal products market. Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2023;31(2):1268–74. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-funktsionirovaniya-i-razvitiya-edinogo-rynka-lekarstvennykh-sredstv-evraziyskogo-ekonomicheskogo-soyuz>
7. Lavnik EB. The pharmaceutical market of the Republic of Belarus at the current stage of the Eurasian Economic Union's common market for medicinal products: development paths. Bulletin of Pharmacy. 2024;4(106):18–24. (in Russ) [September 25, 2026] Access mode: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.4.18>
8. Deltsov AA, Kosova IV. Current state of the pharmaceutical market for veterinary medicines in EAEU countries. Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv [Issues of Ensuring the Quality of Medicines]. 2020;1(27):61–7. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://zhurnal-vokls.ru/wp-content/uploads/2023/09/delcov_61_67.pdf
9. Shukhov FG. Regulatory and legal framework for veterinary pharmacy: achievements and challenges. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2022;(4):23–6. (in Russ) doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.4.23
10. Subbotin VV. Rules for the circulation of veterinary medicines within the EAEU customs territory. VETFARMA. 2015;5(27):16–9. (in Russ)
11. Subbotin VV, Alekseeva EYu, Burba GL, et al. The Eurasian Economic Union turns 10! Veterinariya i kormleniye [Veterinary Medicine and Feeding]. 2024;3:4–11. (in Russ)
12. Lakhtyukhov S. State of the Russian market for veterinary drugs. Pitseprom. 2015;2(26):60–2. (in Russ)
13. Agreement of the Interstate Council of the EurAsEC dated October 6, 2007, "On the Creation of a Single Customs Territory and the Formation of the Customs Union." [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93361/
14. Decision of the Customs Union Commission No. 317 dated June 18, 2010 (as amended on December 16, 2025), "On the Application of Veterinary and Sanitary Measures in the Eurasian Union" (including the "Regulation on the Unified Procedure for Veterinary Control (Supervision) at the Customs Border of the Eurasian Economic Union and within the Customs Territory of the Eurasian Economic Union" and the "Unified Veterinary (Veterinary-Sanitary) Requirements for Goods Subject to Veterinary Control (Supervision)"). [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102177/
15. Treaty on the Eurasian Economic Union (signed in Astana on May 29, 2014) (as amended on May 25, 2023; with amendments and additions effective from June 24, 2024). Ratified by Federal Law No. 279-FZ of October 3, 2014, "On Ratification of the Treaty on the Eurasian Economic Union." [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163855/
16. Agreement on Unified Principles and Rules for the Circulation of Medicinal Products within the Framework of the Eurasian Economic Union (concluded in Moscow on December 23, 2014). Ratified by Federal Law No. 5-FZ of January 31, 2016, "On Ratification of the Agreement on Unified Principles and Rules for the Circulation of Medicinal Products within the Framework of the Eurasian Economic Union." [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172765/
17. Treaty on the Accession of the Republic of Armenia to the Treaty on the Eurasian Economic Union of May 29, 2014 (as amended on April 14, 2020). Ratified by Federal Law No. 420-FZ of December 22, 2014, "On the Ratification of the Treaty on the Accession of the Republic of Armenia to the Treaty on the Eurasian Economic Union of May 29, 2014." [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169854/
18. Treaty on the Accession of the Kyrgyz Republic to the Treaty on the Eurasian Economic Union of May 29, 2014 (signed in Moscow on December 23, 2014; as amended on October 1, 2019). Ratified by Federal Law No. 219-FZ of July 13, 2015. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172976/
19. Protocol on the Accession of the Republic of Armenia to the Agreement on Unified Principles and Rules for the Circulation of Medicinal Products within the Eurasian Economic Union of December 23, 2014 (entered into force for the Russian Federation on April 26, 2017). [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://legalacts.ru/doc/protokol-o-prisoedinenii-respubliki-armenija-k-soglasheniiu-o-edinykh/>
20. Decision of the Supreme Eurasian Economic Council No. 98 dated 23.12.2014 (as amended on 25.12.2023) "On the

- Rules of Procedure of the Eurasian Economic Commission.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172827/
21. Decision of the EEC Council No. 58 dated 16.07.2014 (as amended on 23.06.2023) “On the Work Plan for Drafting Acts and International Treaties in Accordance with the Treaty on the Eurasian Economic Union of May 29, 2014.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168691/
22. Decision of the EEC Council No. 140 dated 23.09.2022 (as amended on 24.09.2024) “On the Rules Regulating the Circulation of Veterinary Diagnostic Agents within the Customs Territory of the Eurasian Economic Union.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_427606/
23. Decision of the EEC Council No. 150 dated 12.12.2023 “On the Rules for Regulating the Circulation of Veterinary Disinfectants, Insecticides, and Acaricides within the Customs Territory of the Eurasian Economic Union.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465283/
24. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission No. 172 dated 22.12.2015 “On Approving the Nomenclature of Dosage Forms” (as amended on 21.11.2023). [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193279/
25. Decision of the EEC Council No. 76 dated 03.11.2016 (as amended on 15.05.2025) “On Approving the Requirements for the Labeling of Medicinal Products for Medical Use and Veterinary Medicinal Products.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207463/
26. Recommendation of the Board of the Eurasian Economic Commission No. 2 dated February 26, 2020 (as amended on September 17, 2024) “On the Guideline for Calculating the Shelf-Life Start Date for Finished Dosage Forms of Medicinal Products for Medical Use and Veterinary Medicinal Products.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_346909/
27. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission No. 100 dated August 11, 2020 (as amended on June 25, 2024) “On the Pharmacopoeia of the Eurasian Economic Union.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_359911/
28. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission No. 119 dated September 22, 2015 “On the Concept for Harmonizing the Pharmacopoeias of the Member States of the Eurasian Economic Union.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/420303607>
29. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission No. 77 dated November 3, 2016 (as amended on July 4, 2023) “On Approval of the Good Manufacturing Practice Rules of the Eurasian Economic Union.” [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207780/

Поступила в редакцию / Received: 16.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 17.06.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

СУДЕБНАЯ ВЕТЕРИНАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА В РАМКАХ УГОЛОВНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Светлана Георгиевна Дресвянникова^{1✉}, Елена Николаевна Любченко², Георгий Анастасович Джаилиди³

¹Донской государственный технический университет ЮФО, Российская Федерация

²Приморский государственный аграрно-технологический университет, Российская Федерация

³Общество с ограниченной ответственностью «Тавросинвест», Российская Федерация

¹канд. ветеринар. наук, доцент кафедры биологии и общей патологии, e-mail: dominika74@mail.ru, orcid.org/0009-0004-5847-1320

²канд. ветеринар. наук, доцент института животноводства и ветеринарной медицины Приморского, orcid.org/0000-0002-9441-8250

³канд. биол. наук, руководитель направления по биологической безопасности, orcid.org/0000-0002-0318-3354

РЕФЕРАТ

Судебная ветеринарная экспертиза является неотъемлемой частью правоприменительной практики по уголовным делам, затрагивающим сферу обращения с животными и продукцией животного происхождения. Она обеспечивает научную и объективную основу для установления истины по делу, помогая следствию и суду правильно квалифицировать деяние и вынести справедливое решение на основе положений Уголовного кодекса РФ.

Актуальность систематизации и обобщения материала, касающегося судебно-ветеринарной экспертизы в рамках уголовного судопроизводства, обусловлена наличием объективного противоречия между растущей потребностью правоприменительной практики в специальных знаниях и фрагментарным характером существующего нормативно-правового и методологического обеспечения данной деятельности. Отсутствие единого нормативного документа и унифицированных методик приводит к процессуальной неопределенности, снижает методологическую строгость экспертных исследований и создает предпосылки для формирования неоднородной следственно-судебной практики.

Общество демонстрирует повышенный интерес к вопросам гуманного обращения с животными, что напрямую отражается на статистике обращений в правоохранительные органы по фактам, предусмотренным ст. 245 УК РФ. Кроме того, ветеринарная экспертиза востребована при расследовании экономических преступлений (ст. 256, 258 УК РФ) и гражданских споров о качестве ветеринарных услуг. Без привлечения специальных знаний установление истины по этим делам становится невозможным.

Ключевые слова: судебная ветеринарная экспертиза, ветеринарный эксперт, уголовное судопроизводство, биологическая экспертиза, жестокое обращение с животными, порядок проведения ветеринарной судебной экспертизы.

Для цитирования: Дресвянникова С.Г., Любченко Е.Н., Джаилиди Г.А. Судебная ветеринарная экспертиза в рамках уголовного кодекса Российской Федерации. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:27-33. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.27>

FORENSIC VETERINARY EXAMINATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CRIMINAL CODE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Svetlana G. Dresvyannikova^{1✉}, Elena N. Lyubchenko², Georgy An. Dzhailedi³

¹Don State Technical University (Southern Federal District), Russian Federation

²Primorsky State Agrarian-Technological University, Russian Federation

³Tavrosinvest LLC, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Biology and General Pathology, e-mail: dominika74@mail.ru, orcid.org/0009-0004-5847-1320

²Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, orcid.org/0000-0002-9441-8250

³Candidate of Biological Sciences, Head of Biosafety Division, orcid.org/0000-0002-0318-3354

ABSTRACT

Forensic veterinary examination is an integral part of law enforcement practice in criminal cases concerning the treatment of animals and animal-derived products. It provides a scientific and objective basis for establishing the facts of the case, thereby assisting the investigation and the court in the correct legal qualification of the act and the delivery of a just judgment pursuant to the Criminal Code of the Russian Federation.

The relevance of systematizing and synthesizing material regarding forensic veterinary expertise within criminal proceedings stems from an objective contradiction: there is a growing demand in law enforcement practice for specialized knowledge, yet the existing normative-legal and methodological support for this activity remains fragmented. The absence of a unified regulatory document and standardized methodologies leads to procedural uncertainty, reduces the methodological rigor of expert examinations, and creates prerequisites for the formation of heterogeneous investigative and judicial practices.

Society demonstrates an increased interest in issues of humane animal treatment, which is directly reflected

in the statistics of reports to law enforcement agencies regarding acts stipulated by Article 245 of the Criminal Code of the Russian Federation. Furthermore, veterinary expertise is in demand during the investigation of economic crimes (Articles 256 and 258 of the Criminal Code) and civil disputes concerning the quality of veterinary services. Without engaging specialized knowledge, establishing the truth in these cases becomes impossible.

Key words: Forensic Veterinary Examination; Veterinary expert, Criminal Proceedings; Animal Cruelty; Biological Evidence; Procedural Methodology of Forensic Examination.

For citation: Dresvyannikova S.G., Lyubchenko E.N., Dzhaileidi G.A. Forensic veterinary examination within the framework of the Criminal Code of the Russian Federation. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:27-33. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.27>

ВВЕДЕНИЕ

В научной и экспертной среде существуют статьи и публикации, которые анализируют и обобщают порядок проведения ветеринарной экспертизы в рамках уголовного судопроизводства. Однако большинство таких работ носят междисциплинарный характер, находясь на стыке ветеринарии, юриспруденции и криминалистики.

Как правило, эти научные работы не рассматривают единый универсальный алгоритм, а скорее анализируют существующую практику, выявляя проблемы и предлагают пути их решения.

Так, Е.В. Пейсикова в статье «Жестокое обращение с животными (ст. 245 УК РФ): судебная практика, поиск новых критериев» (2023), анализирует судебную практику по делам о жестоком обращении с животными. Автор на конкретном примере показывает, что в ветеринарии отсутствуют единые критерии для определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью животного. В результате суд был вынужден опираться на показания свидетеля-ветеринара, а не на полноценное заключение судебной экспертизы, что подчеркивает острую необходимость в разработке таких критериев [7].

Щетинина Н.В. и Аюпова Г.Ш. в статье «Особенности толкования юридически значимых признаков основного состава жестокого обращения с животными (ч.1 ст.245 УК)» (2024) указывают, что эксперты вынуждены руководствоваться ГОСТ Р 58436-2019, который дает определение увечья как телесного повреждения с утратой функции. Статья подчеркивает, что применение национального стандарта является вынужденной мерой из-за отсутствия специальных правовых норм [10].

По данным авторов (Г.Ш. Аюпова, 2021; А.С. Мирончик, 2023; Р.Р. Отбоева, 2021; Р. Р. Хайбрахманова, 2025) существует ряд пробелов в законодательном определении объективной стороны преступления, предусмотренного ст. 245 УК РФ: не определен предмет преступления (отсутствует понятие животного), не раскрывается понятие «жестокое обращение с животными», уголовная ответственность предусмотрена не за все деяния, формально подпадающие под признаки жестокого обращения с животными. [1,5,6,9]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе работы были применены следующие методы исследования:

♦ метод правового анализа для изучения действующих правовых норм и выявления пробелов в законодательстве;

♦ метод системного анализа для изучения взаи-

мосвязи между разными элементами и оценки их влияния на систему государственного регулирования данной сферы

♦ метод правового мониторинга для анализа судебной и экспертной практики, а также открытых данных

В качестве материалов были использованы федеральные законы, нормативные правовые акты правительства РФ, научно-методические материалы как теоретическая основа исследования. Для исследования практики их применения применяли, структурный, сравнительный и аналитический методы исследования. Также использовались базы судебных решений по уголовным делам специализированных агрегаторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Судебной ветеринарной экспертизой в рамках уголовного кодекса Российской Федерации (далее УК РФ) является проведение исследования по вопросам, поставленным перед экспертом судом, судьей, следователем, дознанием в рамках расследования уголовного дела, разрешение которых требует применения специальных знаний. Судебная ветеринарная экспертиза может быть проведена на этапе предварительного расследования (дознание, следствие) по уголовным делам либо непосредственно в ходе судебного следствия при рассмотрении уголовного дела в суде.

Заказчиком судебной ветеринарной экспертизы могут выступать суд, судья, орган дознания, лицо, производящее дознание и следователь, которые при ее назначении выносят соответствующее определение или постановление. Заключение эксперта является основанием для возбуждения уголовного дела или доказательством вины.

Особенности назначения и проведения судебной экспертизы в рамках судебных процессов по уголовным статьям регламентируются соответствующими статьями кодексов, а также иными законодательными актами:

♦ Федеральный закон от 31.05.2001 N 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации";

♦ Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации" от 14.11.2002 № 138-ФЗ;

♦ Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 N 174-ФЗ;

♦ Уголовный кодекс Российской Федерации" от 13.06.1996 N 63-ФЗ;

♦ Федеральный закон от 20 декабря 2017 г. N 412-ФЗ "О внесении изменений в статьи 245 и 258.1 Уголовного кодекса Российской Федерации и ст. 150 и 151 Уголовно-процессуального

кодекса Российской Федерации";

♦ Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 21.12.2010г. №28 О судебной экспертизе по уголовным делам;

♦ Распоряжение Правительства РФ от 16.11.2021 №3214-р «О Перечне видов судебных экспертиз, проводимых исключительно государственными судебно-экспертными организациями».

В перечень родов (видов) судебных экспертиз выполняемых в федеральных бюджетных судебно-экспертных учреждениях Минюста России и экспертных специальностей, по которым предоставляется право самостоятельного производства судебных экспертиз в федеральных бюджетных судебно-экспертных учреждениях Минюста России, утверждённого Приказом Минюста России от 20.04.2023 N 72, включены экспертиза объектов дикой флоры и фауны, а также биологическая экспертиза.

Ветеринарная и биологическая экспертиза применяется в рамках ряда статей УК РФ, когда для расследования или судебного разбирательства требуются специальные знания в области ветеринарии, биологии и смежных наук.

На основании анализа судебной и экспертной практики, а также открытых данных, можно выделить следующие тенденции по статьям УК РФ, где чаще всего назначаются биологическая и ветеринарная экспертизы. Основные статьи УК РФ, по которым назначаются такие экспертизы, приведены в таблице 1.

При расследовании преступлений, предусмотренных ст. 245 УК РФ назначают судебную ветеринарную экспертизу по материалам уголовного дела, реже в рамках материала проверки. Уголовное дело по факту жестокого обращения с животными может быть возбуждено, если будет установлено, что смерть животного носит насильственный характер (неестественная), наступила в результате действий лиц/лица, если будет установлена причинно-следственная связь между действиями лица/лиц и наступившими последствиями, если травма, нанесенная животному, будет определена как увечье. При этом под животными следует понимать представителей царства животных, имеющих нервную систему и способных испытывать эмоции и физические страдания [1].

Статья 245 Уголовного кодекса Российской

Федерации устанавливает уголовную ответственность за жестокое обращение с животным в целях причинения ему боли и (или) страданий, а равно из хулиганских побуждений или из корыстных побуждений, повлекшее его гибель или увечье. Но данная статья не определяет понятия «увечья». Поэтому она действует в системной связи с Федеральным законом от 27 декабря 2018 года N 498-ФЗ "Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", который устанавливает, что животные должны быть защищены от жестокого обращения (ч. 1 ст. 11) и формулирует понятие жестокого обращения с животным (п. 5 ст. 3).

В рамках материала проверки ветеринарная экспертиза (судебно-ветеринарная экспертиза) будет являться основанием для возбуждения уголовного дела. В рамках расследования уголовного дела такая экспертиза будет являться доказательством вины лица/лиц, совершивших преступление.

При расследовании преступлений по фактам жестокого обращения с животными, судебная ветеринарная экспертиза может назначаться с целью установления или определения:

- ♦ травмы как увечья;
- ♦ причинно-следственной связи между действиями лиц/лица и наступившими последствиями в виде увечья или смертью (гибелью) животного;
- ♦ последствий при неоказании ветеринарной помощи животному;
- ♦ причины смерти (гибели) животного, в том числе отравление химическими, медицинскими, психотропными веществами и ядами;
- ♦ повреждений на теле животного, механизма их происхождения, установления способа получения травмы;
- ♦ расположение ударной силы;
- ♦ оценки состояния животного при жизни;
- ♦ травм на теле животного как прижизненных или посмертных;
- ♦ временного промежутка смерти (гибели) животного и др.[3]

Устанавливая последствия в виде увечья, ветеринарные эксперты в ряде случаев могут использовать ГОСТ Р 58436-2019 "Национальный стандарт Российской Федерации. Ветеринарная

Таблица 1. Основные статьи УК РФ, по которым назначаются биологическая и ветеринарная экспертизы.

Table 1. Table 1. Key articles of the Criminal Code of the Russian Federation under which biological and veterinary forensic examinations are ordered.

Статья УК РФ	Состав преступления	Роль экспертизы	Доля среди экспертиз
ст. 245	Жестокое обращение с животными	Причинение увечья, гибель, причинно-следственная связь	20%
ст. 256	Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов	Видовой анализ, причины гибели	35%
ст.258	Незаконная охота	Вид, пол возраст, охраняемость	30%
ст.234	Незаконный оборот сильнодействующих или ядовитых веществ.	Установление причин падежа, заболеваний, пригодности продукции животного происхождения	5%
ст. 249	Нарушение ветеринарных правил.	Выявление источника инфекции, причин заболевания или гибели животных	10%

экспертиза механических повреждений у непродуктивных животных. Общие требования". В соответствии с п.п. 3.6 и 4.6 данного документа, представлен исчерпывающий перечень последствий, которые могут быть отнесены к увечью у непродуктивных животных. Согласно п.п.5.5; 7.6 ГОСТ Р 58436-2019 установление увечья (увечий) осуществляется только судебным ветеринарным экспертом.

В делах по ст. 256 УК РФ — экспертиза устанавливает вид, причину гибели, орудие лова и другие обстоятельства, определяет, к какому виду относится изъятая рыба, и была ли она добыта законным способом. В документе подробно описаны признаки состава, что позволяет точно проводить разграничение между уголовной и административной ответственностью.

По ст.258 УК РФ судебная биологическая экспертиза назначается для установления вида, пола, возраста добытого животного или птицы, а также для определения, относится ли объект к охотничьим или особо охраняемым видам, занесенным в Красную книгу России или охраняемым международными договорами РФ. Предметом преступления являются животные, находящиеся в состоянии естественной свободы. В рамках проведения экспертизы исследуются изъятые с места преступления биологические материалы - тушки, части животных, а также орудия охоты.[2].

В делах о нарушении ветеринарных правил (ч.1.ст. 249) — экспертиза выявляет, были ли соблюдены нормы содержания, лечения и профилактики болезней животных, требования к их транспортировке, а также нарушения, повлекшие распространение эпизоотий или иные тяжкие последствия.

Объективная сторона преступления выражается в действии (бездействии), образующем нарушение соответствующего ветеринарного правила (или правил) предотвращения заболеваний домашних и диких животных различными болезнями или правил, препятствующих их распространению. Нарушение ветеринарных правил признается преступлением, если оно повлекло за собой по неосторожности распространение эпизоотии или иные тяжкие последствия, которые по своему содержанию могут носить самый разнообразный характер (падеж племенного стада животных от

заразных заболеваний, частичная или даже полная гибель популяции тех или иных видов животных на определенной территории, заболевание отдельных особей редких или исчезающих животных, занесенных в Красную книгу и т.д.). Бесспорно, что заболевание заразной болезнью людей или хотя бы одного человека в результате нарушения ветеринарных правил должно рассцениваться как его тяжкое последствие.

Общественная опасность изучаемого уголовного деяния состоит в том, что при нарушении ветеринарных требований может произойти распространение вредных болезней между животными и причинение существенного вреда и здоровью человека [8]. При отсутствии указанных последствий само по себе нарушение ветеринарных правил образует состав административного правонарушения.

В последнее время наблюдается рост числа расследований по делам о жестоком обращении с животными (ст.245 УК РФ), что связано с усилением общественного контроля и ужесточением законодательства. Рост числа расследований наблюдается и по статьям, связанным с незаконной добычей водных биоресурсов (ст.256 УК РФ) и незаконной охотой (ст. 258 УК РФ). Это говорит об усилении контроля или увеличении числа правонарушений в этих сферах.

Экспертизы по нарушениям ветеринарных правил остаются на стабильном уровне, но их роль возрастает в связи с борьбой с фальсификацией продукции и вспышками заболеваний животных.

Динамика по числу экспертиз по основным статьям за 5 лет приведена на рисунке 1.

Судебные ветеринарные эксперты в настоящее время при проведении судебных ветеринарных экспертиз опираются на общие требования к проведению экспертиз – УПК РФ, АПК РФ, ГПК РФ, ФЗ №73 и т.д., а также на нормативно-правовые акты в области ветеринарии [4].

Текущее нормативно-правовое регулирование носит фрагментарный характер. Отсутствует единый нормативно-правовой акт, который бы определял статус судебного ветеринарного эксперта, его права и обязанности, а также унифицированную методику проведения исследований. Процессуальные нормы УПК РФ и ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности» но-

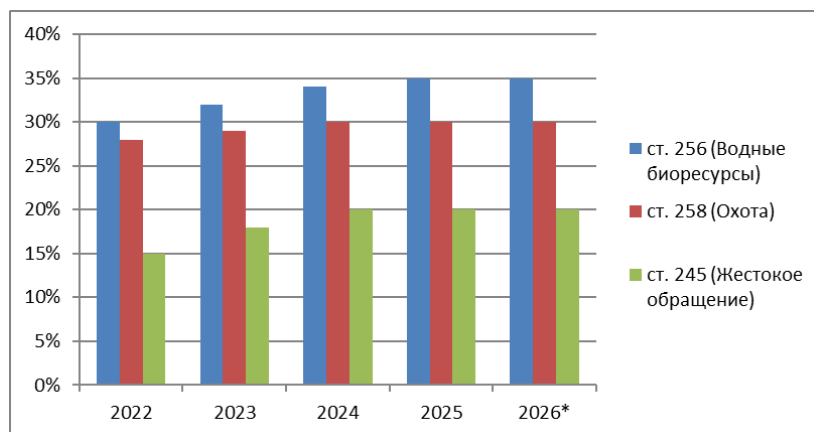


Рисунок 1. Динамика по числу экспертиз по основным статьям.

Figure 1. Trends in the number of expert examinations by major articles.

сят слишком общий характер и не учитывают специфику работы с животными. Существующие ветеринарные правила ориентированы в первую очередь на ветеринарно-санитарную безопасность продукции, а не на установление обстоятельств, имеющих значение для уголовного дела (причинно-следственная связь, механизм травмы, прижизненность повреждений). Отсутствие единых методик и критериев (например, для определения степени тяжести вреда здоровью животного) приводит к тому, что выводы разных экспертов могут существенно различаться. Заключение экспертов, основанные на общих научных подходах, а не на утвержденных ведомственных методиках, легко оспариваются стороной защиты, что ставит под угрозу всё уголовное дело. Судьи и следователи, не обладая специальными знаниями, испытывают трудности в оценке полноты и объективности представленного заключения.

В условиях отсутствия прямых ссылок в законодательстве, судебный ветеринарный эксперт действует по следующему алгоритму:

Использует общие полномочия УПК РФ.

Статья 4 ФЗ № 73 и ст. 57 УПК РФ дают эксперту право использовать «иные документы» и применять научные, технические и специальные знания для дачи заключения. Это его основной «щит».

Применяет общепринятые методики.

Эксперт опирается на фундаментальные знания в области патологической анатомии, токсикологии, физиологии животных. Он описывает в своем заключении общепринятую методику исследования (например, «проведено полное патологоанатомическое вскрытие по стандартной методике с последовательным исследованием органов»).

Использует ведомственные правила и инструкции.

В своей профессиональной деятельности ветеринарные врачи руководствуются приказами Минсельхоза, методическими рекомендациями профильных научно-исследовательских институтов. Эти документы также служат методической базой. Кроме этого возможно сослаться на национальные стандарты для обоснования своих выводов. Это не делает ГОСТы обязательными НПА для всего процесса, но придает научную весомость и аргументированность конкретному выводу эксперта.

Ряд важных ветеринарных правил содержится и в международных правовых актах, регламентирующих вопросы профилактики и борьбы с различными болезнями животных, а также правила транзита живых животных, мясной продукции и иного сырья животного происхождения, участником которых является Российская Федерация (например, Кодекс здоровья наземных животных Всемирной организации по охране здоровья животных (МЭБ/ВОАН)).

Процедура назначения и проведения судебной экспертизы, а также структура заключения эксперта строго регламентированы процессуальным законодательством Российской Федерации (в частности, Уголовно-процессуальным кодексом РФ) и ведомственными нормативными актами.

Процесс инициируется постановлением или

определением суда, следователя или дознавателя о назначении судебной экспертизы. В этом документе формулируются вопросы к эксперту, указываются объекты исследования и материалы дела.

Орган, назначивший экспертизу, формирует пакет документов и объектов. Объектами могут быть живые животные, их трупы, патологический материал (органы, ткани), образцы кормов, воды, почвы, лекарственные средства, а также документы (ветеринарные справки, протоколы осмотра). Все вещественные доказательства должны быть упакованы, опечатаны и скреплены подписями понятых и должностного лица, чтобы исключить доступ к ним без нарушения целостности упаковки.

Материалы передаются в экспертное учреждение (например, государственную ветеринарную лабораторию) либо непосредственно частному эксперту. Факт передачи фиксируется в сопроводительном письме и/или акте приема-передачи. Эксперт расписывается в получении материалов, что является официальным началом производства экспертизы.

Первым действием эксперта после получения пакета является тщательный осмотр внешнего состояния упаковок, печатей и подписей. При обнаружении повреждений, несовпадений или отсутствия необходимых документов эксперт обязан немедленно уведомить об этом орган, назначивший экспертизу, и составить соответствующий акт.

После официального принятия материалов к производству эксперт приступает к работе, которая включает следующие этапы:

1. Изучение постановления и вопросов. Эксперт анализирует поставленные задачи, определяет их соответствие его компетенции и решает вопрос о возможности дачи заключения по всем пунктам.
2. Ознакомление с материалами дела. Изучаются предоставленные копии документов: протоколы осмотра места происшествия, объяснения свидетелей, история болезни животного, результаты предыдущих исследований.
3. Проведение наружного осмотра. Проверяется целостность упаковки вещественных доказательств. Если упаковка цела, она вскрывается в присутствии понятых (или представителей органа, назначившего экспертизу).
4. Проведение исследования. Это основной этап, включающий применение специальных знаний и методов. В зависимости от объекта это может быть:

♦ Патологоанатомическое вскрытие трупа животного, исследование останков или дериватов животных;

♦ Гистологические, микробиологические, токсикологические, химико-токсикологические исследования образцов;

♦ Анализ документации на предмет соответствия ветеринарным правилам содержания, кормления и лечения животных (при наличии).

На основе полученных данных эксперт отвечает на поставленные вопросы, делая научно обоснованные выводы.

Результаты всех этапов оформляются в единый документ — заключение эксперта.

Заключение эксперта является одним из видов доказательств и должно соответствовать требованиям ст. 204 УПК РФ. Оно состоит из трех

основных частей.

1. Вводная часть:

Дата, время и место проведения экспертизы.

Основание для производства экспертизы (номер и дата постановления/определения).

Сведения об экспертном учреждении и/или об эксперте (фамилия, имя, отчество, образование, специальность, стаж работы, ученая степень и звание, занимаемая должность).

Перечень объектов исследований и материалов, представленных для производства экспертизы.

Вопросы, поставленные перед экспертом.

Подписка эксперта о том, что он предупрежден об уголовной ответственности за дачу заведомо ложного заключения.

2. Исследовательская часть:

Подробное описание процесса исследования. Здесь излагаются все примененные методики, ход лабораторных анализов, промежуточные результаты.

Аргументация, почему были выбраны те или иные методы.

Ссылки на использованные научные источники, ГОСТы, методические указания.

Описание исследуемых объектов (например, подробное описание патологоанатомических изменений при вскрытии).

3. Выводы:

Ответы на каждый из поставленных вопросов. Формулировки должны быть четкими, однозначными и не допускать двоякого толкования.

Если какой-либо из вопросов выходит за пределы компетенции эксперта или представленные материалы недостаточны, эксперт вправе отказать от ответа на этот вопрос, мотивировав свой отказ.

Выводы излагаются в той же последовательности, в которой были поставлены вопросы.

Документ завершается подписью эксперта и печатью учреждения (если экспертиза проводилась в нем). К заключению могут прилагаться иллюстративные материалы (фотографии, схемы, графики), которые являются его неотъемлемой частью.

Важно отметить, что эксперт несет уголовную ответственность за дачу заведомо ложного заключения.

Если выводы первичной экспертизы вызывают сомнения в их достоверности или если эксперты приходят к взаимоисключающим заключениям по одинаковым обстоятельствам дела, проводится повторная экспертиза, производство которой поручается другому эксперту.

Повторная и дополнительная судебные экспертизы назначаются и производятся в соответствии со статьей 207 УПК РФ при недостаточной ясности или полноте заключения эксперта, а также при возникновении новых вопросов в отношении ранее исследованных обстоятельств уголовного дела, при возникновении сомнений в обоснованности заключения эксперта или наличии противоречий в выводах эксперта.

В случаях, когда для ответа на поставленные вопросы недостаточно знаний одного специалиста или требуется оценка с разных точек зрения, могут назначаться комиссия или комплексная судебная экспертиза.

Комиссионная судебная экспертиза (ст. 200 УПК РФ) проводится несколькими экспертами

одной специальности (профессии). При совпадении мнений они составляют единое заключение и подписывают его. В случае возникновения разногласий каждый эксперт или группа экспертов вправе дать отдельное заключение по вопросам, вызвавшим разногласие.

Анализ судебной практики по уголовным делам, связанным с жестоким обращением с животными (ст. 245 УК РФ), часто показывает необходимость назначения именно комиссионной судебно-ветеринарной экспертизы. Это связано с тем, что для установления всех обстоятельств преступления требуется глубокий и всесторонний анализ как прижизненных, так и посмертных повреждений.

Пример комиссионной ветеринарной экспертизы по уголовному делу (ст. 245 УК РФ):

Суть дела: хозяин систематически избивал собаку. Животное с множественными травмами (переломы, разрыв органов) попало в клинику, где скончалось.

Задача комиссии экспертов: установить причину смерти; определить характер и давность травм; подтвердить связь между побоями и гибелью.

Действия: комиссия из нескольких ветеринаров-патологоанатомов провела вскрытие, изучила историю болезни и сопоставила данные.

Вывод: смерть наступила от полиорганной недостаточности вследствие тяжёлых прижизненных травм (побоев). Давность повреждений — 2–3 дня.

Результат: консолидированное заключение комиссии стало ключевым доказательством вины хозяина в суде.

Комплексная судебная экспертиза (ст. 201 УПК РФ) это экспертиза, в производстве которой участвуют эксперты разных специальностей (ветеринарные врачи, биологи, охотоведы, орнитологи и другие). Каждый из них проводит исследования в пределах своей компетенции, а затем формируется общий вывод. Назначается в случае, когда для ответа на поставленный вопрос требуются знания из различных областей деятельности или науки. В этом случае каждый эксперт самостоятельно проводит ту часть исследований, которая относится к его компетенции. Затем результаты обобщаются, и на их основе формулируются общие выводы. В заключении указывается, какие исследования провел каждый из экспертов, какие факты он установил и к каким выводам пришел. За сделанные выводы эксперт несет ответственность. Общий вывод является синтезом всех частных выводов.

Примером может служить установление ущерба от незаконной охоты (ст. 258 УК РФ). Здесь может потребоваться участие ветеринарного врача (для определения вида, пола, возраста животного) и биолога-зоолога (для оценки ущерба популяции).

Таким образом, в рамках уголовного процесса ветеринарный врач - эксперт будет руководствоваться в первую очередь процессуальными нормами УПК РФ и своей профессиональной компетенцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нормативно-правовое обеспечение ветеринарной экспертизы в рамках уголовного процесса представляет собой сложную, многоуровне-

вую систему, которая сочетает в себе как общие законы, так и узкоспециализированные подзаконные акты. Важно понимать, что в российском законодательстве отсутствует федеральный закон «О судебно-ветеринарной экспертизе», нормы и требования к проведению судебной ветеринарной экспертизы не интегрированы в действующее ветеринарное законодательство и поэтому

регулирование осуществляется по принципу «от общего к частному». Это приводит к тому, что заключения разных экспертов могут отличаться по форме и содержанию, а адвокаты могут успешно оспаривать выводы эксперта, ставя под сомнение примененные им методики. В итоге судам сложнее оценивать объективность и полноту ветеринарной судебной экспертизы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аюпова Г.Ш. К вопросу о толковании отдельных объективных признаков состава жестокого обращения с животными. *Полицейская и следственная деятельность*. 2021;4:39–52.
2. Гулевская В.В. Классификация судебной экспертизы объектов дикой флоры и фауны. Проблемы классификации судебных экспертиз, сертификации и валидации методического обеспечения, стандартизации судебно-экспертной деятельности: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, 21 января 2016 г.). М.: Проспект. 2016:94–97.
3. Кожушко А.А., Короткова И.П. Анализ судебно-ветеринарных экспертиз диких животных при незаконной охоте, проходивших в Центре диагностики болезней животных Приморской ГСХА. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2018;4(48):172–177.
4. Любченко Е.Н., Дресвянникова С.Г., Джаилиди Г.А. Правовые основы проведения судебной ветеринарной экспертизы. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2025;3:23–27.
5. Миرونчик А.С., Гевель Е.В. Проблемы определения предмета преступления, предусмотренного статьей 245 УК РФ. *Молодой ученый*. 2023;20 (467): 570–572.
6. Отбоева Р.Р. Исследование субъективных признаков состава преступления, предусмотренного ст. 245 УК РФ. *Вестник Уфимского юридического института МВД России*. 2021;1 (91):120–124.
7. Пейсикова Е.В. Жестокое обращение с животными (ст. 245 УК РФ): судебная практика, поиск новых критериев. *Уголовное судопроизводство*. 2023;4: 10–15. doi: 10.18572/2072-4411-2023-4-10-15
8. Тё Н.С. Общественная опасность посягательств на животный мир. *Молодой исследователь Дона*. 2019;6:151–155.
9. Хайбрахманова Р.Р. Предмет состава преступления, предусмотренного ст. 245 УК РФ. *Вестник Владимирского юридического института*. 2025;1(74): 84–88
10. Щетинина Н.В., Аюпова Г.Ш. Особенности толкования юридически значимых признаков основного состава жестокого обращения с животными (ч. 1 ст. 245 УК) // *Законность*. 2024. № 9. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=154667&dst=100084#9YPY4XVxZQf5yM32> (дата обращения 25.09.2026) (только для авторизованных пользователей)

REFERENCES

1. Ayupova G.Sh. On the interpretation of specific objective elements of the offense of animal cruelty. *Police and Investigative Activity*. 2021;4:39–52. (in Russ)
2. Gulevskaya V.V. Classification of forensic examinations involving wild flora and fauna. Issues regarding the classification of forensic examinations, certification and validation of methodological support, and standardization of forensic expert activity: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Moscow, January 21, 2016). Moscow: Prospekt; 2016:94–97. (in Russ)
3. Kozhushko A.A., Korotkova I.P. Analysis of forensic veterinary examinations of wild animals in cases of illegal hunting conducted at the Animal Disease Diagnostics Center of the Primorskaya State Agricultural Academy. *Far East Agrarian Bulletin*. 2018;4(48):172–177. (in Russ)
4. Lyubchenko E.N., Dresvyannikova S.G., Dzhaileidi G.A. Legal foundations for conducting forensic veterinary examinations. *Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2025;3:23–27. (in Russ)
5. Mironchik A.S., Gevel E.V. Issues in defining the subject matter of the crime provided for by Article 245 of the Criminal Code of the Russian Federation. *Young Scientist*. 2023;20(467):570–572. (in Russ)
6. Otboeva R.R. Examination of the subjective elements of the crime provided for by Article 245 of the Criminal Code of the Russian Federation. *Bulletin of the Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2021;1(91):120–124.
7. Peysikova E.V. Animal Cruelty (Art. 245 of the Criminal Code of the Russian Federation): Judicial Practice and the Search for New Criteria. *Criminal Proceedings*. 2023;4:10–15. (in Russ) doi: 10.18572/2072-4411-2023-4-10-15
8. Tyo N.S. Public Danger of Encroachments on the Animal World. *Young Researcher of the Don*. 2019;6:151–155.
9. Khaibrakhmanova R.R. The Subject Matter of the Offense Provided for by Art. 245 of the Criminal Code of the Russian Federation. *Bulletin of the Vladimir Law Institute*. 2025;1(74):84–88. (in Russ)
10. Shchetinina N.V., Ayupova G.Sh. Specifics of Interpreting Legally Significant Elements of the Basic Offense of Animal Cruelty (Part 1, Art. 245 of the Criminal Code). *Zakonnost*. 2024;9. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=CJI&n=154667&dst=100084#9YPY4XVxZQf5yM32> (for authorized users only).

Поступила в редакцию / Received: 22.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 25.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

МАРКИРОВКА И УЧЕТ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ РЫБ ЛОСОСЕВЫХ ПОРОД ПРИ САДКОВОМ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ВЕТЕРИНАРИИ

Наталья Сергеевна Акимова^{1✉}, Тимофей Иванович Марков²

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

²Государственное бюджетное учреждение Ленинградской области «Станция по борьбе с болезнями животных Всеволожского района», Российская Федерация

¹канд. ветеринар. наук, ассистент, email: Natali05051974@mail.ru, orcid.org/0009-0004-0047-7252

²заместитель начальника

РЕФЕРАТ

Статья посвящена анализу современного состояния системы маркировки и учета объектов аквакультуры лососевых рыб в условиях садкового выращивания. Рассматриваются нормативно-правовые основы регулирования данной сферы в Российской Федерации, включая Федеральный закон № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве)», Постановление Правительства РФ № 550 «Об утверждении перечня видов животных, подлежащих маркированию и учету» и Технический регламент ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции». Анализируются практические аспекты внедрения систем идентификации рыбы методами группового и индивидуального маркирования, специфика применения технологий прослеживаемости продукции, а также проведено сравнение практик идентификации и учёта лососевых при садковом выращивании в зарубежных странах (Норвегия, Чили). Выявлены ключевые проблемы существующей системы учета – от технологических сложностей установки микрочипов до недостаточной интеграции информационных систем. Обоснована необходимость модернизации подходов к маркировке с учетом биологических особенностей лососевых и технологических условий садкового выращивания. Предложены направления совершенствования нормативной базы и практических механизмов учета объектов аквакультуры.

Ключевые слова: аквакультура, лососевые рыбы, садковое выращивание, маркировка рыбы, учет объектов аквакультуры, нормативно-правовое регулирование, прослеживаемость продукции.

Для цитирования: Акимова Н.С., Марков Т.И. Маркировка и учет объектов аквакультуры рыб лососевых пород при садковом выращивании в условиях современного нормативно-правового регулирования Российской Федерации и интеграции в информационные системы в области ветеринарии. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:34-41. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.34>

LABELING AND ACCOUNTING OF SALMON SPECIES AQUACULTURE FACILITIES IN CAGE FARMING IN THE CONTEXT OF MODERN REGULATORY AND LEGAL REGULATION IN THE RUSSIAN FEDERATION AND INTEGRATION INTO VETERINARY INFORMATION SYSTEMS

Natalia S. Akimova^{1✉}, Timofey Iv. Markov²

¹St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

²Leningrad Region State Budgetary Institution "Vsevolozhsk District Animal Disease Control Station", Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Assistant, email: Natali05051974@mail.ru, orcid.org/0009-0004-0047-7252

²Deputy Head

ABSTRACT

The article is devoted to the analysis of the current state of the system of labeling and accounting of salmon aquaculture facilities in cage farming. The regulatory framework for regulating this area in the Russian Federation is being considered, including Federal Law No. 148-FZ "On Aquaculture (Fish Farming)", Decree of the Government of the Russian Federation No. 550 "On Approval of the List of Animal Species Subject to Labeling and Accounting" and EAEU Technical Regulation 040/2016 "On the Safety of Fish and Fish Products". The practical aspects of the introduction of fish identification systems using group and individual labeling methods, the specifics of the use of product traceability technologies are analyzed. The key problems of the existing accounting system have been identified, from the technological difficulties of installing microchips to insufficient integration of information systems. The necessity of modernizing labeling approaches is substantiated, taking into account the biological characteristics of salmon and the technological conditions of cage cultivation. The directions of improving the regulatory framework and practical accounting mechanisms for aquaculture facilities are proposed.

Key words: aquaculture, salmonids, cage farming, fish labeling, accounting for aquaculture facilities, regulatory and legal regulation, product traceability.

For citation: Akimova N.S., Markov T.I. Labeling and accounting of salmon species aquaculture facilities in cage farming in the context of modern regulatory and legal regulation in the Russian Federation and integration into veterinary information systems. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:34-41. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.34>

ВВЕДЕНИЕ

Правовой фундамент отечественной аквакультуры сформирован Федеральным законом от 02.07.2013 № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве)» (с изм. от 01.03.2026г.). Документ установил принципиальные основы регулирования – от определения рыбоводных участков до требований к племенному животноводству в области аквакультуры [11,14]. Однако в части маркировки и учета объектов выращивания закон содержал лишь общие формулировки, не учитывавшие специфику различных технологий и видов культивируемых организмов.

Серьезные изменения произошли с принятием Постановления Правительства РФ от 5 апреля 2023 года № 550, которое установило обязательность маркирования рыбы. В соответствии с документом, для товарной рыбы в садковых хозяйствах допускается групповая маркировка -путём нанесения идентификационных отметок на садок либо бассейна содержания, тогда как племенная рыба подлежит исключительно индивидуальной маркировке. Идентификация рыбы или группы рыб проводится путём присвоения уникального буквенно-цифрового идентификационного номера, который сохраняется за животным на протяжении всей жизни [6]. Уникальный номер средства маркирования (УНСМ) формируется автоматическим в ФГИС «ВетИС» при поступлении в Россельхознадзор заявки производителя средства маркирования, составленной по форме и содержанию в произвольном виде. В заявке следует указать способ маркирования (групповое или индивидуальное) и количество номеров для эмиссии. У хозяйств могут возникнуть сложности: технические сложности, обучения персонала, иногда - закупки дополнительного оборудования, а также выделения времени на регулярный учёт и актуализацию данных. Для небольших хозяйств это может стать ощутимой нагрузкой.

Совершенствование системы обязательных требований остается одним из ключевых направлений реформы контрольно-надзорной деятельности [5,8]. Приказ Минсельхоза России от 3 ноября 2023 года № 832 утвердил ветеринарные правила маркирования и учета. Документ предусматривает использование визуальных отметок, вживляемых микрочипов или их сочетания [1]. Для племенных осетрообразных рыб индивидуальная маркировка обязательна, в то время как для лососевых предусмотрена возможность группового учета. Такая дифференциация породила неоднозначность: с одной стороны, она облегчает работу крупных товарных хозяйств, с другой – затрудняет контроль за движением племенного материала и идентификацию происхождения рыбы при выявлении заболеваний.

Техническим регламентом ЕАЭС 040/2016

установлены требования к маркировке пищевой рыбной продукции, включая информацию о производителе, дате производства, условиях хранения [12]. Регламент обязывает указывать наименование вида рыбы, способ обработки, но не содержит специальных положений об идентификации продукции аквакультуры на этапе выращивания. Это создает разрыв между требованиями к конечной продукции и механизмами контроля на стадии культивирования. Например, каждая банка икры снабжается кодом Data Matrix, что позволяет отследить логистическую цепочку от завода до магазина. Но требования к маркировке самих производителей икры – живых лососевых – пока разработаны лишь в общих чертах, без учета биотехнологических нюансов садкового выращивания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследования послужили нормативные правовые акты Российской Федерации и Евразийского экономического союза, регулирующие аквакультуру, маркирование и учет животных, ветеринарно-санитарную безопасность рыбы и рыбной продукции, а также функционирование информационных систем в области ветеринарии. Рассмотрены положения Федерального закона от 02.07.2013 № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве)», Постановления Правительства Российской Федерации от 05.04.2023 № 550, приказа Минсельхоза России от 03.11.2023 № 832, технического регламента ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», а также материалы, связанные с применением ФГИС «ВетИС», компонентов «Хорриот» и «Меркурий».

Объектом исследования являлась система маркирования и учета объектов аквакультуры лососевых рыб при садковом выращивании. Предметом исследования выступали нормативно-правовые, организационные и технологические условия применения групповой и индивидуальной идентификации рыб, а также механизмы интеграции данных учета с ветеринарными информационными системами.

В работе применялись методы анализа нормативных правовых актов, сравнительно-правовой метод, систематизация, обобщение, сравнительный анализ российской и зарубежной практики. Результаты анализа использованы для выявления проблем действующей системы учета и формулирования направлений ее совершенствования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В России товарное выращивание атлантического лосося и форели в садковых комплексах переживает период интенсивной цифровизации. Начиная с 2022 года, когда условия импортозамещения обострились, рыбоводные хозяйства столкнулись с необходимостью одновременной адаптации к трем процессам – технологической модернизации, цифровизации учета и ужесточе-

нию ветеринарно-санитарного контроля. Садковые хозяйства активно развиваются в Карелии, Мурманской области, на Дальнем Востоке. Согласно данным Федерального агентства по рыболовству (Росрыболовство), производство товарной аквакультуры в России в 2023 году достигло 402 тыс. тонн, увеличившись на 4,8% по сравнению с 2022 годом (383,5 тыс. тонн); за последние 10 лет объем производства вырос в два раза [9]. Однако по итогам 2024 года впервые за десятилетие зафиксировано снижение: объем производства продукции товарной аквакультуры, включая рыбопосадочный материал, составил 380 тыс. тонн — на 22 тыс. тонн меньше, чем в 2023 году. Основными причинами снижения стали неблагоприятные погодные условия (холодная весна сменилась аномально жарким летом), что спровоцировало развитие болезней рыб, а также низкое качество импортного рыбопосадочного материала по лососёвым видам. Наиболее серьёзное сокращение пришлось на сегмент лососёвых: за 9 месяцев 2024 года их производство составило 102,4 тыс. тонн против 131,3 тыс. тонн годом ранее. В 2025 году объем производства товарной аквакультуры, включая рыбопосадочный материал, составил 393,3 тыс. тонн — на 3,3% выше показателя 2024 года, но ниже рекордного уровня 2023 года. Прирост обеспечен преимущественно за счёт ценных гидробионтов (79,4 тыс. тонн, +16,3%) и осетровых (7,9 тыс. тонн, +12%), тогда как по лососёвым видам зафиксировано снижение до 142,7 тыс. тонн (–2,7%).

Технология садкового выращивания форели и лосося предполагает зарыбление прямоугольных, круглых или цилиндрических садков мальками средней массой 0,35–0,40 грамм с последующим доращиванием до товарной массы 1,5–3 кг и более. Высокая плотность посадки (до 1000 экз./м³) оправдана на этапе выращивания сеголетков, тогда как на стадии товарного производства нормативы смещаются на контроль ихтиомассы: плотность поддерживают в пределах 15–25 кг/м³, что обусловлено ростом средней массы особей. Садки размещают на плавучих платформах, на глубинах не менее 5–5,5 м, обеспечивая постоянную смену воды и аэрацию. Маркирование в таких условиях сталкивается с рядом принципиальных затруднений. Во-первых, лососевые — это активные, стресс чувствительные рыбы. Любые манипуляции с особями, включая взвешивание микрочипов или нанесение визуальных меток, требуют вылова, иммобилизации, анестезии. Процедура травматична, повышает риск вторичных инфекций, снижает темпы роста. Во-вторых, условия садкового содержания предполагают высокую плотность посадки и круглосуточное нахождение рыбы в воде, что ограничивает возможности визуального контроля и считывания меток. Наиболее распространенный метод — отолитное маркирование молоди лососевых на рыбобоводных заводах. Личинкам в период формирования скелета вводят препараты, оставляющие флуоресцентные метки на отолитах (слуховых косточках) [4]. Практика камчатских и сахалинских лососевых рыбобоводных заводов показала,

что этот метод эффективен для оценки промыслового возврата [3]. Однако в условиях садкового товарного выращивания отолитная маркировка утрачивает практическое значение: здесь необходима не последующая идентификация особи, вернувшейся на нерест, а оперативное отслеживание биомассы в реальном времени, прижизненная диагностика состояния популяции и фиксация технологических операций. Альтернатива — групповое маркирование садков и бассейнов с использованием табло, штрих-кодов, RFID-меток. Рыбе не наносится индивидуальная метка, вместо этого фиксируется партия (номер садка, дата зарыбления, происхождение посадочного материала, масса, численность). Информация передается в ФГИС в области ветеринарии «Хорриот» в течение 10 дней с момента маркирования. Однако здесь возникает сложность с идентификацией при перемещении рыбы между садками, сортировке по размерам, выбраковке. Каждая операция требует обновления данных учета, что при объемах производства в десятки тонн становится трудновыполнимым (затраты не только трудовые, но и материальные). Процесс взаимодействия с системой бывает, непонятен не только участникам рынка, но и сотрудникам ветеринарных служб. В некоторых регионах ветслужбам не хватает специалистов, чтобы охватить все рыбобоводные хозяйства [1,6,10].

Система прослеживаемости, рекомендованная межгосударственным стандартом ГОСТ ISO 12877-2016 для продукции аквакультуры, предполагает регистрацию сведений о каждом этапе выращивания — от формирования ремонтноматочного стада и получения икры до транспортировки товарной рыбы. Применительно к садковому лососеводству это означает фиксацию данных о партиях посадочного материала (смолта), условиях содержания в морских или пресноводных садках, кормовых рационах, ветеринарных обработках и динамике роста. На практике многие предприятия ведут внутренний учет в разрозненных журналах, не интегрированных с федеральными информационными системами.

Опыт зарубежных стран демонстрирует применение комбинированных подходов: групповая маркировка товарной рыбы дополняется индивидуальной для племенных особей и мониторингом ключевых параметров среды (температура, растворенный кислород, pH) через автоматизированные системы. Применение технологий компьютерного зрения в сочетании с акустическими датчиками открывает принципиально иной подход к мониторингу гидробионтов: анализ поведенческих паттернов становится возможным без физического вмешательства в среду обитания рыбы. На наш взгляд, ключевое преимущество здесь не столько в сокращении трудозатрат, сколько в временном разрешении: непрерывный автоматизированный контроль позволяет выявлять отклонения за часы, а не за дни, что критично для индустриальных масштабов выращивания.

В России подобные системы пока находятся на стадии внедрения. С одной стороны, производственники видят в цифровизации возмож-

ность снижения издержек и повышения контроля. С другой – высокая стоимость оборудования, дефицит специалистов и отсутствие отраслевых стандартов тормозят массовое внедрение (Табл.1).

Анализ действующей практики в России выявляет несколько взаимосвязанных проблем, препятствующих эффективной маркировке и учету объектов аквакультуры лососевых при садковом выращивании. Первая – технологическая неготовность. Установка микрочипов для индивидуальной маркировки лососевых вызывает определенные трудности. Внедрение электронной идентификации связано с необходимостью оснащения производства специализированными средствами: требуются как инструменты для имплантации (шприцы-аппликаторы), так и устройства для считывания данных (сканеры), квалифицированного персонала, длительного времени на обработку каждой особи. При масштабах производства свыше 100 тонн товарной рыбы в год индивидуальное маркирование становится экономически нецелесообразным. Групповое маркирование, напротив, не решает задачу прослеживаемости при смешивании партий, продаже живой рыбы, выявлении эпизоотий. Вторая проблема – информационная разобщенность. Данные о маркированной рыбе вносятся в ФГИС в области ветеринарии «Хорриот», ориентированного на автоматизации учёта и идентификация животных, рыб, гидробионтов, а также сбор и анализ информации об учтённых животных для обеспечения прослеживаемости их жизненного цикла [1]. Однако интеграция этой системы с платформами учета рыбоводных участков, отчетностью по объемам выпуска и изъятия, с системами мониторинга «Честный ЗНАК» (применяемыми для маркировки икры) отсутствует. ФГИС «Меркурий» изначально проектировалась для прослеживаемости продукции животноводства, где объект учета – индивидуальное животное или партия скота с четкими ветеринарными реквизитами [2,7,13]. В рыбоводстве считают не каждую рыбу по отдельности, а всю партию в садке или пруду как один биологический актив. Поэтому оформление электронных ветеринарных сопроводительных документов здесь получается довольно сложным. Для садковых хозяйств особенно важным стало требование указывать точное происхождение гидробионта. В справочнике системы есть вариант «аквакультура (выращивание)». Если его выбрать, программа тут же проверяет, стоит ли этот объект на ветеринарном учете. Если хозяйства нет в «Цербере», провести операцию не получится. На практике это показало, что у многих предприятий деятельность идет, но в цифровой системе они так и не зарегистрированы. Есть и еще одна трудность: для технологических операций не хватает единых справочников. Например, такую процедуру, как «пересадка смолта из пресноводного инкубационного цеха в морской садок», оператору приходится описывать общими формулировками. Из-за этого прослеживаемость становится менее точной и теряет часть полезной информации. В 2025 году провели межведомственную интеграцию между ГИС ОСМ, ФГИС «ВетИС» и системой

маркировки «Честный знак». Это позволило выстроить цепочку прослеживаемости от вылова водных биоресурсов до готовой рыбной продукции на прилавке. При этом ГИС ОСМ учитывает сведения о добыче, то есть о вылове водных биологических ресурсов, и передает данные о районе добычи; ФГИС «ВетИС» связывает сырье, то есть выловленную рыбу, с готовой продукцией; «Честный знак» отслеживает готовые товары, но только в тех категориях, которые подлежат маркировке, например, рыбные консервы и икру, - от выпуска до покупателя. Такая связка позволила автоматизировать учет уловов диких запасов, но для аквакультуры она пока работает не полностью. Для садковых хозяйств это означает еще одно требование: партии рыбы нужно заранее снабжать идентификаторами, которые подходят под форматы маркировки готовой продукции. В итоге одной и той же информации приходится заполнять сразу несколько информационных систем, а это только увеличивает административную нагрузку. Третья группа затруднений связана с правовой неопределенностью. Нормативные акты устанавливают обязательность маркирования, но не конкретизируют процедуры для различных типов хозяйств и видов рыб. Например, неясно, как учитывать рыбу при комбинированном методе выращивания, когда сеголетки подращиваются в бассейнах на теплых водах, летом переводятся в садки в естественных водоемах, а осенью снова возвращаются в тепловодное хозяйство. Четвертое ограничение – биологическое. Лососевые чувствительны к стрессам, связанным с отловом и обработкой. Исследования показывают, что манипуляции с рыбой приводят к снижению иммунитета, повышению восприимчивости к заболеваниям, замедлению роста. В условиях интенсивного садкового выращивания, где рыба уже находится в стрессовой среде (высокая плотность посадки, колебания температуры, ограниченная акватория), дополнительные вмешательства могут критически снизить экономическую эффективность производства.

Для преодоления обозначенных проблем целесообразно рассмотреть следующие направления совершенствования:

- ♦ разработка отраслевых стандартов группового маркирования, учитывающих специфику садковой технологии – размеры садков, периодичность перемещений рыбы, способы фиксации идентификаторов, устойчивых к биообрастанию и механическим воздействиям;

- ♦ унификация журналов учета биологических активов с указанием уникальных идентификаторов садков, партий посадочного материала и периодов выращивания

- ♦ создание единой цифровой платформы учета объектов аквакультуры, интегрирующей данные ФГИС в области ветеринарии «Хорриот», «Меркурий», систему регистрации рыбоводных участков «Цербер», систему Росрыболовства для учета промыслового вылова ГИС ОСМ, платформы прослеживаемости пищевой продукции «Честный знак» избегая дублирования функций

Таблица 1. Сравнение практик идентификации и учёта лососевых при садковом выращивании: Норвегия, Чили, Россия (2025–2026 гг.).
Table 1. Comparison of salmon identification and record-keeping practices in cage farming: Norway, Chile, Russia (2025–2026).

Критерий	Норвегия	Чили	Россия	Принципиальные различия
Нормативная основа	Закон об аквакультуре (2005г.) с жестким регламентом прослеживаемости (FOR-2010-12-17-1790). Внутренний контроль (IK-Aquaculture) обязывает вести журналы буквально по каждому садку. Надзор делят Mattilsynet (по здоровью и благополучию рыбы, болезням, лекарствам) и Директорат рыболовства (по аквакультурному закону, побегам, технике, ИК-аудитам). Но уже идёт процесс замены IK-Akvakultur на более современную норму - akvastutningsforskriften (Постановление об управлении аквакультурой).	Общий закон LGRA как рамочный закон, находится в процессе масштабного переосмысления, но реальная специфика - в санитарном регламенте RESA (Reglamento Sanitario de la Acuicultura), RAMA (Reglamento Ambiental para la Acuicultura - Экологический регламент аквакультуры) и постоянных резолюциях Setaparesca. Фактически вся отрасль живёт по оперативным документам службы, которые постоянно меняются.	№148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве)» - базовый. Приказы Минсельхоза №56 - утверждает методики расчёта показателей государственной программы развития сельского хозяйства и №646 - утверждает Правила рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна Ключевой момент: с 2025–2026гг. запускается поэтапная обязательная маркировка товарной рыбы. Постановление Правительства № 550. Пока маркировка товарной рыбы только запускается, весь учёт держится на ФГИС «ВетИС»	Норвегия - система прослеживаемости уже встроена в закон (Akvakulturloven + отраслевые постановления, журналы по каждому садку); Чили - фактическая регуляция через резолюции SERNAPESCA; Россия - рамочный закон (ФЗ-148) задаёт общие рамки, а реальная прослеживаемость только формируется. Пока что ФГИС «ВетИС» («Хорриот» + «Меркурий») - единственная работающая система учёта, и она покрывает ветеринарное сопровождение, но не даёт полной прослеживаемости от садка до полки. Интеграция с «Честным знаком» и ГИС ОСМ должна этот разрыв закрыть.
Основные цели маркировки и учёта	Прослеживаемость продукции для экспорта и биобезопасности. Контроль побегов из садков (обязательные отчеты о каждом сбежавшем лососе). Экология - не красивый лозунг, а законодательное требование.	Острые проблемы со здоровьем поголовья - вирус инфекционной анемии лосося (ISA), бактерия <i>Piscirickettsia salmonis</i> , а также инвазия морских вшей (<i>Caligus rogercrescei</i>) - вынуждают отрасль активно внедрять технологии отслеживания, включая чипы. Плюс требования рынков США, ЕС и Японии по остаткам препаратов	Приоритеты в российской аквакультуре сосредоточены на обеспечении ветеринарно-санитарной безопасности и подтверждении законности происхождения продукции. Система экспортной прослеживаемости находится на этапе становления, тогда как внутренний контроль остаётся доминирующим направлением. Отдельным функциональным блоком выступает учёт выпусков молоди при пастбищной аквакультуре, которая не затрагивает садковое товарное выращивание и регулируется в ином порядке.	Норвегия - экология и генетика на первом плане; Чили - здоровые рыбы; Россия - контроль оборота и ветеринарный надзор
Объекты маркировки	Обязательная генетическая паспортизация производителей. Все особи, участвующие в селекции (индивидуальные метки). Посадочный материал (смолт): групповое мечение (химическое, термическое) для мониторинга миграций. Товарная рыба в садках: преимущественно групповой учёт по садковой единице. Сбежавшую рыбу ждёт генетическая экспертиза.	Массовая идентификация смолта осуществляется непосредственно на стадии рыбопосадочного завода. Маркирование носит как индивидуальный, так и групповой характер. Товарная рыба в морских садках с полным комплектом документации, обеспечивающей прослеживаемость на всех этапах выращивания	Племенные производители: индивидуальный чипирование (РГТ-метки), биркование. Ремонтно-маточные стада: групповой/индивидуальный учёт без единого стандарта. Товарная рыба: учёт по партиям (садкам), маркировка группы. С 2026 г. планируется обязательная маркировка каждой единицы товарной продукции (групповой код).	Норвегия - индивидуальное генотипирование производителей – стандарт для селекционных программ; Чили - массовое чипирование смолта стало отраслевой нормой. Россия - индивидуальная маркировка применяется только для маточных стад

Таблица 1. Продолжение.
Table 1. Continued.

Методы маркировки	РПТ, видимые эластомеры, SNP-генотипирование - для производителей обязательное условие. Групповые: термическое и химическое мечение отголитов, криометки.	Массовые РПТ-метки, местами ВИЭ и внешние тэги. Жировой планник подрезают, термометят. Генетические паспорта - только у нескольких селекционных центров.	В племенных хозяйствах - РПТ и пластиковые «флажки». Групповые методы простые: подрезка плавников, изредка кормовые красители. Генетическая паспортизация - шлужные проекты.	Норвегия - лидер по глубине генетической паспортизации; Чили - по валовому количеству физических чипов; Россия пока комбинирует простейшие методы
Цифровые системы и базы данных	Akvakulturregisteret - открытый реестр, любой может посмотреть участки, победы, биомассу. Spogingssystemet - закрытая система для движения партий. Плюс частные базы селекционеров (AquaGen, SalmoBreed)	SIAC - единая государственная платформа окно для всей отчетности (зарыбление, смертность, обработки). VISADO - ветерсертификация экспорта. Крупные компании (Cermaq, Mowi Chile) ведут свои базы с РПТ-считыванием.	ФГИС «Меркурий» оформление ВСД на любое движение рыбы. «Хорриот» для учёта поголовья ещё внедряется. На местах - IC и облачные сервисы.	Норвежский реестр уникален своей публичностью; Чилийский SIAC - максимальной централизацией; Российский «Меркурий» - с привязкой к ветеринарному документообороту
Контроль побегов	Обязательное оперативное информирование надзорных органов о подозрительных случаях. Национальная программа мониторинга сбежавшей аквакультурной лосося в реках - генетический скрининг всей дикой рыбы. Существенные штрафы, принудительный вылов сбежавших, триплоидизацию поощряют	Сети обязательны, аудит целостности садков, отчетность о побегах обязательна, но системного генетического мониторинга диких популяций нет. С учётом интродуцированного статуса выращиваемого лосося риск гибридизации с местными видами оценивается как минимальный.	Отдельного механизма ответственности за побег нет. Контроль движения рыбы через ФГИС «Меркурий» частично перекрывает учет, но экологический ущерб системно не оценивается.	По жёсткости норвежский подход не имеет аналогов; в Чили побег - скорее санитарный инцидент; в России эта проблема пока не вышла на уровень национального регулирования
Генетика и селекция	Все производители обеспечивают наличие генетического паспорта на поголовье, основанного на SNP-профилировании. Генетическая селекция интегрирована в отраслевую практику и применяется повсеместно. На промышленных селекционных станциях ежегодно проводится генотипирование тысяч селекционных особей	Полная паспортизация - только в нескольких селекционных центрах (AquaGen Chile, Benchmark Genetics). Товарные фермы знают происхождение икры, но не ведут учёта на уровне отдельных особей.	Генетическая паспортизация - единичные проекты в племенных хозяйствах Карелии и Мурманска. Селекция в основном по фенотипу, генеалогия протая	Норвегия выстроила генетику как отраслевой стандарт; Чили использует ее точно; Россия делает лишь первые системные шаги.
Автоматизация учета	Подводные RFID-антенны, стереокамеры для биомассы, видеоаналитика побегов, связь с кормовыми системами.	РПТ-считыватели ручные и полуавтоматические, RFID-вороты на живорыбных судах, подводные дроны для учета смертности.	Ручной ввод в ФГИС «Меркурий». Автоматический подсчёт - на единичных новых фермах. RFID - только в племенных центрах.	Сохраняется существенный разрыв в уровне производственной автоматизации: в Норвегии и Чили цифровые решения интегрированы в операционное управление аквакультурными хозяйствами; В России их функционал преимущественно ориентирован на задачи государственного ветеринарного надзора

и противоречивых требований;

♦ внедрение технологий удаленного мониторинга состояния популяций – систем компьютерного зрения, акустических датчиков, анализа поведенческих паттернов, – позволяющих оценивать здоровье и динамику роста без прямого контакта с рыбой;

♦ дифференциация требований к маркированию в зависимости от назначения рыбы (племенная, товарная, рыбопосадочный материал) и масштабов производства, с сохранением обязательной индивидуальной маркировки для ремонтно-маточных стад лососевых, внедрение QR-кодирования партий рыбы уже на этапе вылова из садка, с привязкой кода к электронному паспорту партии;

♦ стимулирование внедрения систем автоматизации и цифровизации через механизмы государственной поддержки – субсидирование закупки оборудования, предоставление льготных кредитов, налоговые преференции для хозяйств, применяющих передовые технологии учета.

Отдельного внимания заслуживает вопрос ответственности. Только при наличии эффективного контроля система маркировки станет инструментом прослеживаемости, а не формальным бюрократическим требованием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная система маркировки и учета объектов аквакультуры лососевых рыб при садковом выращивании в Российской Федерации находится на этапе становления. Нормативная база сформирована, однако практические меха-

низмы реализации требований нуждаются в доработке. Ключевые проблемы связаны с технологическими ограничениями индивидуального маркирования, информационной разобщенностью систем учета, правовой неопределенностью процедур и биологическими особенностями лососевых.

Совершенствование системы требует комплексного подхода, внедрение передовых технологий маркировки и учета позволит повысить прослеживаемость продукции аквакультуры, обеспечить контроль за эпизоотической ситуацией, защитить рынок от нелегальной продукции, создать условия для устойчивого развития отрасли. Перспективы исследований в данной области связаны с апробацией новых средств маркирования (биосовместимые микрочипы, пассивные акустические метки, ДНК-баркодирование), изучением влияния процедур маркирования на физиологическое состояние и продуктивность рыбы, разработкой алгоритмов обработки данных для автоматизированных систем мониторинга. Система учёта нового поколения – это принципиально иной подход, основанный на комплексном применении биотехнологических и цифровых решений, информационных систем и нормативной базы. Он обеспечивает сквозную, объективную и юридически значимую фиксацию данных – что критично для безопасности и прослеживаемости продукции аквакультуры. Интеграция этих компонентов позволит создать гибкую и надёжную систему учёта, ориентированную на потребности производителей и интересы потребителей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бараев Р.Х. Проблематика применения специальной информационной системы «Хорриот» ветеринарными специалистами хозяйствующих субъектов Ленинградской области. Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ. Санкт-Петербург. 2025:3-6.
2. Бараев Р.Х. Работы, выполняемые ветеринарными специалистами производственных предприятий обслуживающих сельскохозяйственных животных с документами, содержащими ветеринарно-значимую информацию. Материалы 79-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 31 марта. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2025:20-22.
3. Бурлаченко И.В., Серпунина Л.Т., Андреева А.П. Оценка различных аспектов работы садковых хозяйств с позиций наилучших практик аквакультуры. Рыбное хозяйство. 2024;2:45-52. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-razlichnyh-aspektov-raboty-sadkovykh-hozyaystv-s-pozitsiy-nailuchshih-praktik-akvakultury> (дата обращения: 09.04.2026).
4. Зеленников О.В., Косач Е.А., Мякишев М.С., Ворожцова А.А. Роль отолитного маркирования в управлении воспроизводством и промыслом тихоокеанских лососей. Рыбохозяйственная наука. История, современность, перспективы: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 110-летию создания «ГосНИОРХ» им.Л.С. Берга. Москва. 2024:165-169.
5. Идиатуллин Р.И., Калишин Н.М., Орехов Д.А. Совершенствование мер обеспечения безопасности продовольствия. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2012;3:7-15.
6. Михайлов А.П. Проблемы и перспективы ветеринарного контроля в аквакультуре. Вопросы ветеринарии. 2025;18(3):56-60.
7. Орехов Д.А. Ветеринарный учёт сельскохозяйственных животных в России. Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сборник научных трудов. Санкт-Петербург. 2024:32-35.
8. Орехов Д.А., Шершнева И.И., Заходнова Д.В., Виноходова М.В. "Регуляторная гильотина" как механизм совершенствования системы обязательных требований в области ветеринарии. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019;3:37-40.
9. Производство аквакультуры в РФ в 2023 году выросло на 4,8% до 402тыс.т: информационное сообщение. Федеральное агентство по рыболовству. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://fish.gov.ru/news/2024/02/09/proizvodstvo-akvakultury-v-rf-v-2023-godu-vyroslo-na-48-do-402-tys-t/> (дата обращения: 21.04.2026).
10. Померанцев Д.А., Алиев А.А., Семененко Н.А. Актуальные вопросы организации ветеринарного обслуживания в рыбоводческих хозяйствах. Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 28-31 января 2020 года. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины. 2020: 85-87.
11. Семененко Н.А. Организация ветеринарного обслуживания в рыбоводческих хозяйствах Северо-Западного региона Российской Федерации: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. 2024. 131 с.
12. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016): решение Совета Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 №162. [Электронный ре-

супе] Режим доступа: <http://kodeks.karelia.ru/api/show/420394425> (дата обращения: 21.04.2026).

13. Шершнева И.И., Заходнова Д.В. К вопросу о соблюдении ветеринарных правил по оформлению ветеринарных сопроводительных документов. Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ. Санкт Петербург. 2026:69-72.

14. Шершнева И.И., Заходнова Д.В., Орехов Д.А., Виноходова М.В. Некоторые аспекты нормативного правового регулирования обеспечения безопасности водных биологических ресурсов. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2017;3:30-33.

REFERENCES

1. Baraev R.Kh. Issues regarding the use of the "Horriot" specialized information system by veterinary specialists at business entities in the Leningrad Region. Proceedings of the National Scientific Conference of Faculty, Researchers, and Postgraduate Students of SPbGUVU. St. Petersburg. 2025:3-6. (in Russ)
2. Baraev R.Kh. Tasks performed by veterinary specialists at production facilities servicing farm animals involving documents containing veterinary-relevant information. Proceedings of the 79th International Scientific Conference of Young Scientists and Students of SPbGUVU, St. Petersburg, March 31. St. Petersburg. St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2025:20-22. (in Russ)
3. Burlachenko I.V., Serpunina L.T., Andreeva A.P. Assessment of various aspects of cage farm operations from the perspective of best aquaculture practices. Fisheries (Rybnoe khozyaystvo). 2024;2:45-52. (in Russ) [09.04.2026] Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-razlichnyh-aspektov-raboty-sadkovyh-hozyaystv-s-pozitsiy-nailuchshih-praktik-akvakulturny>
4. Zelennikov O.V., Kosach E.A., Myakishev M.S., Vorozhtsova A.A. The role of otolith marking in the management of Pacific salmon reproduction and fisheries. Fisheries Science: History, Current Status, and Prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the founding of the L.S. Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries (GosNIORKh). Moscow. 2024:165-169. (in Russ)
5. Idiatulin R.I., Kalishin N.M., Orekhov D.A. Improving food safety measures. Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2012;3:7-15. (in Russ)
6. Mikhailov A.P. Challenges and prospects of veterinary control in aquaculture. Veterinary Issues. 2025;18(3):56-60. (in Russ)
7. Orekhov D.A. Veterinary record-keeping for farm animals in Russia. Current Issues in Veterinary Medicine: Collection of Scientific Papers. St. Petersburg. 2024:32-35. (in Russ)
8. Orekhov D.A., Shershneva I.I., Zakhodnova D.V., Vinokhodova M.V. The "regulatory guillotine" as a mechanism for improving the system of mandatory veterinary requirements. Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2019;3:37-40. (in Russ)
9. Aquaculture production in the Russian Federation grew by 4.8% to 402,000 tonnes in 2023: information release. Federal Agency for Fishery. (in Russ) [21.04.2026] Access mode: <https://fish.gov.ru/news/2024/02/09/proizvodstvo-akvakulturny-v-rf-v-2023-godu-vyroslo-na-48-do-402-tys-t/>.
10. Pomerantsev D.A., Aliev A.A., Semenenko N.A. Current issues regarding the organization of veterinary services in fish farms. Proceedings of the National Scientific Conference of Faculty, Researchers, and Postgraduate Students of SPbGAVU, St. Petersburg, January 28–31, 2020. St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2020: 85–87. (in Russ)
11. Semenenko N.A. Organization of veterinary services in fish farms of the Northwestern region of the Russian Federation: Dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences. 2024. 131 p. (in Russ)
12. Technical Regulation of the Eurasian Economic Union "On the Safety of Fish and Fish Products" (TR EAEU 040/2016): Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission No. 162 dated October 18, 2016. (in Russ) [April 21, 2026] Access mode: <http://kodeks.karelia.ru/api/show/420394425>
13. Shershneva I.I., Zakhodnova D.V. On the issue of compliance with veterinary regulations regarding the issuance of veterinary accompanying documents. Proceedings of the National Scientific Conference of Faculty, Researchers, and Postgraduate Students of SPbGUVU. St. Petersburg, 2026: 69–72. (in Russ)
14. Shershneva I.I., Zakhodnova D.V., Orekhov D.A., Vinokhodova M.V. Some aspects of the regulatory legal framework for ensuring the safety of aquatic biological resources. Issues of Regulatory Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2017;3:30–33. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 18.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 17.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВЕТЕРИНАРНОГО КОНТРОЛЯ (НАДЗОРА)**Равиль Хасанович Гиззатуллин^{1✉}, Игорь Александрович Владимиров², Радмир Аузагиевич Иксанов³**^{1,2,3} Уфимский университет науки и технологий, Российская Федерация¹ д-р юрид. наук, проф., заведующий кафедрой, email: ravil73@mail.ru, orcid.org/0000-0001-7748-9113² старший преподаватель кафедры экономической теории, orcid.org/0000-0002-9216-543X³ канд. юрид. наук, доцент кафедры экологического и трудового права, orcid.org/0000-0003-0891-1573**РЕФЕРАТ**

В статье рассматриваются правовые проблемы и перспективы цифровизации государственного ветеринарного контроля (надзора) в Российской Федерации. Цифровизация ветеринарного контроля (надзора) оказывает значительное влияние на рациональность принимаемых мер для защиты граждан от некачественной продукции сельского хозяйства, на эпизоотическую ситуацию в субъектах РФ, а также общую эффективность результатов деятельности Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору. Авторами проанализированы функции Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору в части организации работы государственных ветеринарных служб на сельских территориях. На основе анализа нормативно-правовой базы, функционирования федеральных государственных информационных систем и современных цифровых технологий авторами обосновывается значимость перехода к электронным ветеринарным сопроводительным документам, интеграции информационных платформ и внедрению инструментов искусственного интеллекта для повышения эффективности контрольно-надзорной деятельности. Особое внимание уделено вопросам обеспечения продовольственной безопасности, прослеживаемости продукции, противодействия фальсификации и контрафакту, а также организационным и кадровым вызовам, сопровождающим процессы цифровизации государственного ветеринарного контроля. Авторы приходят к выводу, что формирование единой цифровой экосистемы в сфере ветеринарного надзора способствует снижению административных барьеров, повышению прозрачности и оперативности принятия управленческих решений, а также укреплению национальной безопасности в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: цифровизация, ветеринарный контроль (надзор), ветеринарные сопроводительные документы, продовольственная безопасность, контрольно-надзорная деятельность.

Для цитирования: Гиззатуллин Р.Х., Владимиров И.А., Иксанов Р.А. Проблемы цифровизации ветеринарного контроля (надзора). Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:42-45. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.42>

PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF VETERINARY CONTROL (SUPERVISION)**Ravil Kh. Gizzatullin^{1✉}, Igor Al. Vladimirov², Radmir A. Iksanov³**^{1,2,3} Ufa University of Science and Technology, Russian Federation¹ Doctor of Law, Professor, Head of Department, email: ravil73@mail.ru, orcid.org/0000-0001-7748-9113² Senior Lecturer, Department of Economic Theory, orcid.org/0000-0002-9216-543X³ Candidate of Law, Associate Professor, Department of Environmental and Labor Law, orcid.org/0000-0003-0891-1573**ABSTRACT**

This article examines the legal challenges and prospects for the digitalization of state veterinary control (supervision) in the Russian Federation. Digitalization of veterinary control (supervision) significantly impacts the rationale for measures taken to protect citizens from substandard agricultural products, the epizootic situation in the constituent entities of the Russian Federation, and the overall effectiveness of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance. The authors analyze the functions of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance in organizing the work of state veterinary services in rural areas. Based on an analysis of the regulatory framework, the functioning of federal state information systems, and modern digital technologies, the authors substantiate the importance of transitioning to electronic veterinary accompanying documents, integrating information platforms, and implementing artificial intelligence tools to improve the effectiveness of control and supervision activities. Particular attention is paid to ensuring food security, product traceability, combating counterfeiting, as well as the organizational and personnel challenges associated with the digitalization of state veterinary control. The authors conclude that the development of a unified digital ecosystem in the field of veterinary supervision helps reduce administrative barriers, increase transparency and efficiency in management decision-making, and strengthen national security in the agro-industrial complex.

Key words: digitalization, veterinary control (supervision), veterinary accompanying documents, food safety.

For citation: Gizzatullin R.Kh., Vladimirov I.A., Iksanov R.A. Problems of digitalization of veterinary control (supervision). Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:42-45. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.42>

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация ветеринарного контроля строится на принципах гибкого правового подхода и реализуется через внедрение современных информационных систем и цифровых сервисов [2]. Основные направления цифровизации ветеринарного контроля и надзора сводятся к переходу на оформление и учёт ветеринарных документов в электронном виде в ФГИС «Меркурий» и в других информационных системах. Цифровизация ветеринарного контроля (надзора) позволяет снизить риски появления некачественной или опасной продукции животноводства. К организационным преимуществам цифровизации ветеринарного контроля (надзора) также относятся повышение прозрачности, снижение коррупционных рисков, оптимизация использования ресурсов и сокращение издержек. Осуществление Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) ветеринарного контроля (надзора) является залогом безопасности пищевой продукции. В зону ответственности федеральной службы входят вопросы контроля в сфере ветеринарии, карантина и защиты растений, а также обеспечение качества и безопасности продуктов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы для исследования: федеральные законы, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти. Основными методами исследований являлись нормативный, структурный, системный и функциональный.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Галицкая Н.В. [1] анализирует понятия «государственный контроль», «государственный надзор» и «контрольно-надзорная деятельность» в контексте обеспечения продовольственной безопасности России. Галицкая Н.В. подчёркивает, что в современных условиях санкционного давления и необходимости защиты национальных интересов эти инструменты становятся особенно актуальными. Их комплексное применение рассматривается как обязательное условие для предупреждения, выявления и пресечения угроз в сфере продовольственной безопасности.

Информационные системы Россельхознадзора предназначены для реализации различных направлений государственного ветеринарного надзора. Так, например, ФГИС «Меркурий» предназначена для электронной ветеринарной сертификации и прослеживания продукции животного происхождения. ФГИС «Аргус» создана для учёта и контроля перемещения сельскохозяйственной продукции через границу РФ. Автоматизированная система «Веста» осуществляет учёт лабораторных исследований, проб и экспертных заключений. ФГИС «Хорриот» позволяет вести идентификацию и учёт животных (в том числе домашних). В информационной системе «Ирена» ведётся реестр ветеринарных лекарственных средств и кормовых добавок. ИС «Гален» позволяет осуществлять мониторинг применения лекарственных препаратов. ФГИС «Цербер» содержит цифровой реестр всех поднадзорных объектов. В ФГИС «Гермес» ведётся

учёт лицензий и разрешительных документов в фармацевтической деятельности.

Преимущества цифровизации государственного ветеринарного надзора, по мнению Мосина К.С. [3], заключаются в автоматизации процессов контроля, документооборота, сбора и обработки данных в режиме реального времени, а также в обеспечении прослеживаемости продукции на всех этапах жизненного цикла.

Цифровизация государственного ветеринарного надзора осуществляется на основании положений Федерального закона № 248-ФЗ от 2020 [9], в которых регулирующих использование риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорной деятельности, использование информационных технологий для повышения эффективности надзорной деятельности. Также основу правового регулирования цифровизации государственного ветеринарного надзора составляют нормы Федерального закона № 243-ФЗ от 2015 года [5], регулирующие обязательную электронную ветеринарную сертификацию. Решением Комиссии Таможенного союза от 18.06.2010 № 317 «О применении ветеринарно-санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» [4] утверждён Единый перечень товаров, подлежащих ветеринарному контролю (надзору).

В направления деятельности ветеринарного государственного контроля (надзора) также входят проверка обязательных требований по организации культурно-зрелищных мероприятий, организация зоопарков. В сферу ветеринарного контроля (надзора) входит также и фармацевтическое направление, осуществляется проверка деятельности ветеринарных аптек, лицензирование их деятельности. Россельхознадзор осуществляет проверку обязательных требований в сфере производства и оборота продукции АПК в части животного происхождения на подконтрольной территории, а также фитосанитарное состояние подконтрольной территории, мониторинг фитосанитарного состояния карантинных фитосанитарных зон.

На сегодняшний день, цифровизация государственного ветеринарного контроля (надзора) направлена на создание единой интегрированной платформы для обмена данными между всеми ФГИС, внедрение технологий искусственного интеллекта для анализа данных, прогнозирования рисков, автоматического выявления нарушений обязательных требований, а также на использование компьютерного зрения для автоматизированного контроля соответствия продукции стандартам. С 2024 года расширяется доступ к информационным системам физических лиц, владельцев животных, продавцов животных.

К проблемам ветеринарного контроля (надзора) относятся попадание фальсифицированной продукции в бюджетные учреждения, ошибки в проведении исследований в лабораториях. В последнее время в процесс осуществления ветеринарного контроля (надзора) внедряются технологии искусственного интеллекта, которые содействуют Россельхознадзору в борьбе с фальсификатом.

С 2023 года Россельхознадзор осуществляет

контрольно-надзорные функции на новых территориях РФ Херсонской, Запорожской областей. Учитывая агропромышленный характер новых регионов России, основной вектор развития данных регионов в экономике — это сельское хозяйство. За период с 2023 по 2026 год проведено значительное количество контрольно-надзорных мероприятий в отношении субъектов хозяйственной деятельности, которые уже работают в рамках нормативно-правового поля Российской Федерации. Вместе с тем возникают вопросы в сфере интеграции в правовое поле России в части безопасности продукции АПК, а также в части перемещения сельскохозяйственной продукции и эпизоотического мониторинга [8].

По всей России, с 1 июля 2018 года действует обязательная электронная ветеринарная сертификация подконтрольных товаров. Внедрение электронной сертификации закреплено Федеральным законом от 13.07.2015 № 243-ФЗ [7]. Система обеспечивает прозрачность оборота продукции, позволяет оперативно выявлять и пресекать нарушения, а также способствует повышению продовольственной безопасности. Для осуществления электронной сертификации используется Федеральная государственная информационная система «Меркурий». Участниками системы электронной ветеринарной сертификации являются государственные органы, хозяйствующие субъекты (организации, ИП), участвующие в обороте подконтрольных товаров. Ветеринарные сопроводительные документы (ВСД) оформляются исключительно в электронном виде, за исключением отдельных случаев, предусмотренных законом. При оформлении ВСД выявляются нарушения, связанные с оформлением документов на продукцию с истекшим сроком годности, использованием авансовых дат выработки, отсутствием указания сырья, из которого изготовлены товары, а также нарушения при гашении ВСД.

В ГИС «Меркурий» проходит регистрация торговых площадок, выдача документов в электронном виде — электронных ветеринарных сопроводительных документов на подконтрольную продукцию. Оформление электронных ветеринарных сопроводительных документов подтверждают безопасность партии выбранной на исследование продукции.

Внедрение системы маркировки в России опирается на ряд ключевых документов. ФЗ № 488 [6] определяет перечень товаров, подлежа-

щих обязательной маркировке, Постановление Правительства РФ № 515 устанавливает правила мониторинга и прослеживаемости товаров. Каждому товару присваивается уникальный цифровой код (Data Matrix), который невозможно подделать. Система «Честный знак» генерирует коды, а система «Меркурий» контролирует ветеринарно-сопроводительные документы. При розничной продаже код выводится из оборота, что фиксируется в системе. За нарушение правил маркировки предусмотрена административная ответственность по ст. 15.12.1 КоАП РФ Непредставление или недостоверность сведений и по ст. 15.12 Производство, продажа, хранение немаркированной продукции.

Интеграция систем «Честный знак» (генерация и отслеживание цифровых кодов и «Меркурий» (контроль ветеринарных документов) обеспечивает полный контроль за движением продукции. Внедрение цифровой маркировки способствует повышению прозрачности рынка, повышению эффективности защиты прав потребителей, усилению борьбы с контрафактом и фальсификатом, а также укреплению продовольственной и национальной безопасности России. Вместе с тем, остаются нерешенными вопросы финансирования внедрения системы в странах ЕАЭС. Дальнейшее развитие единой системы маркировки повысит прозрачность оборота товаров и упростит трансграничное взаимодействие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продовольственная безопасность определяется не только самообеспечением страны основными продуктами, но и гарантией их физической и экономической доступности, а также соответствия требованиям безопасности. Проблема нелегальной и фальсифицированной продукции в молочной отрасли остаётся острой для России, что требует внедрения современных механизмов контроля. Совершенствование правового регулирования и стратегического планирования в сельском хозяйстве опирается на концептуальную модель цифровизации. Множество действующих правовых и нормативных актов предусматривает внедрение цифровых инструментов на всех этапах — от производства до реализации продукции. Цифровизация способствует повышению эффективности контроля, снижению административных барьеров и формированию прозрачной системы управления в агропромышленном комплексе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галицкая Н.В. О понимании государственного контроля и надзора в сфере обеспечения продовольственной безопасностью Административное право и процесс. 2025;11:7 - 12.
2. Кузьмин В.А., Фогель Л.С., Хахаев И.А., Чунин С.А. Региональная комплексная автоматизированная система мониторинга и документационного обеспечения ветеринарного контроля. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2014;1:12-15.
3. Мосин К.С., Осипов В.А. Цифровизация государственного контроля в агропромышленном комплексе России: опыт и перспективы (на примере Россельхознадзора). Диалог. 2025;4(34):33-34.
4. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.06.2010 г. № 317 (ред. от 16.12.2025) «О применении ветеринарно-санитарных мер в Евразийском экономическом союзе». [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12076813/> (дата обращения 25.09.2026)
5. Федеральный закон от 13.07.2015 г. № 243-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О ветеринарии» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182654/ (дата

обращения 25.09.2026)

6. Федеральный закон от 25.12.2018 г. № 488-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации» и статьи 4.4 и 4.5 Федерального закона «О применении контрольно-кассовой техники при осуществлении расчетов в Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314270/ (дата обращения 25.09.2026)
7. Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 248-ФЗ (ред. от 17.04.2026) «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102801479> (дата обращения 25.09.2026)
8. Хорунжин М.Г., Миненко А.В. Современное состояние нормативно-правового регулирования ветеринарии и продовольственного обеспечения Республики Хакасия. Дневник науки. 2023; 4(76). [Электронный ресурс] Режим доступа: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2023/4/economy/Khorunzhin_Minenko.pdf (дата обращения 25.09.2026)

REFERENCES

1. Galitskaya N.V. On the understanding of state control and supervision in the sphere of ensuring food security. Administrative Law and Process. 2025;11:7–12. (in Russ)
2. Kuzmin V.A., Fogel L.S., Khakhaev I.A., Chudin S.A. Regional integrated automated system for monitoring and documentation support of veterinary control. Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2014;1:12–15. (in Russ)
3. Mosin K.S., Osipov V.A. Digitalization of state control in Russia's agro-industrial complex: experience and prospects (using Rosselkhoz nadzor as an example). Dialog. 2025;4(34):33–34. (in Russ)
4. Decision of the Customs Union Commission No. 317 dated June 18, 2010 (as amended on December 16, 2025) "On the Application of Veterinary-Sanitary Measures in the Eurasian Economic Union." [25.09.2026] (in Russ) Access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12076813/>
5. Federal Law No. 243-FZ dated July 13, 2015 (as amended on July 29, 2018) "On Amendments to the Law of the Russian Federation 'On Veterinary Medicine' and Certain Legislative Acts of the Russian Federation" // [25.09.2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182654/
6. Federal Law No. 488-FZ dated December 25, 2018 "On Amendments to the Federal Law 'On the Fundamentals of State Regulation of Trade Activities in the Russian Federation' and Articles 4.4 and 4.5 of the Federal Law 'On the Use of Cash Register Equipment in Settlements in the Russian Federation'" [25.09.2026] (in Russ) Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314270/
7. Federal Law No. 248-FZ dated July 31, 2020 (as amended on April 17, 2026) "On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation" [25.09.2026] (in Russ) Access mode: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102801479>
8. Khorunzhin M.G., Minenko A.V. Current state of the regulatory and legal... ..of Veterinary Regulation and Food Supply of the Republic of Khakassia. Dnevnik nauki. 2023; 4(76). [25.09.2026] (in Russ) Access mode: https://dnevniknauki.ru/images/publications/2023/4/economy/Khorunzhin_Minenko.pdf

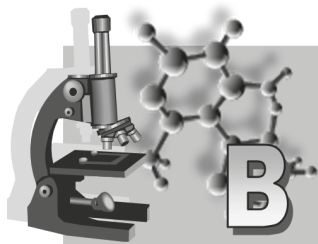
Поступила в редакцию / Received: 14.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**



РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВЕТЕРИНАРИИ ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК 619:616.98:636.7

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2026.3.46

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ УРОГЕНИТАЛЬНЫХ ИНФЕКЦИЙ СОБАК И ИХ УСТОЙЧИВОСТИ К ПРОТИВОМИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТАМ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Светлана Анатольевна Макавчик^{1✉}, Надежда Игоревна Шляпникова²

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹ д-р ветеринар. наук, доц., доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, email:

groza81@mail.ru, orcid.org/0000-0001-5435-8321

² аспирант-соискатель кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, orcid.org/0009-0001-3836-311X

РЕФЕРАТ

С момента открытия и по сей день антибактериальные препараты (антибиотики) являются терапевтическим методом лечения пациентов с бактериальными инфекциями, однако бесконтрольное использование этих лекарственных средств оказывает селективное давление на популяцию бактерий, способствуя их адаптации и развитию свойств резистентности.

Проблема множественной лекарственной устойчивости (ЛУ) и особенно множественной лекарственной устойчивости (МЛУ) уропатогенов при инфекциях мочевыводящих систем (ИМВС) является потенциальной угрозой. Происходит это не только с возрастанием суммарной ЛУ, но и утяжеление ее структуры за счет назначения антибактериальных препаратов в профилактических целях, без специально назначенных методов лабораторной диагностики. Особую актуальность этого исследования обеспечивают данные, полученные из гуманной медицины о компенсаторных мутациях лекарственной устойчивости (МБТ), в результате которых сохраняется не только скорость роста, часто ранее замедленная у лекарственно-устойчивых штаммов, но и даже их показатели вирулентности. Нередко частота выявления ИМВС значительно ниже заболеваемости вследствие стертой клинической картины, бессимптомного течения инфекции. Выраженность и наличие клинических симптомов напрямую коррелирует с типом возбудителя. Своевременно не выявленная бактериальная инфекция, а также неадекватная оценка тяжести заболевания может привести к восходящему течению воспалительного процесса, отягощению клинических симптомов и поражению верхних отделов мочевыводящей системы животного. Цель исследования — провести микробиологический мониторинг возбудителей урогенитальных инфекций собак и их устойчивостей к противомикробным препаратам в условиях г. Тюмени. В исследовании представлены результаты по исследованию проб мочи 94 собак методом цистоцентеза с последующим выполнением бактериального посева. В ходе исследования была проведена оценка их резистентности и чувствительности к различным видам противомикробных препаратов. Выделены следующие изоляты: *Escherichia coli* — в 39,6% случаев, *Proteus mirabilis* — в 17,7%, *Staphylococcus pseudintermedius* — в 13,5% случаев, *Streptococcus canis* — 12,5% случаев, *Enterococcus faecalis* — 6,2%, *Enterobacter cloacae* — 3,1%, *Klebsiella oxytoca* — 3,1%, *Klebsiella pneumoniae* — 1%, *Acinetobacter calcoaceticus* — 1%. Изоляты уропатогенных *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus pseudintermedius* обладают множественной лекарственной устойчивостью (МЛУ) и проявляют резистентность до 97,3% к препаратам β-лактамов, до 97,3% к препаратам фторхинолонов, до 92,3% к тетрациклинам, до 94,1% к макролидам.

Ключевые слова: Множественная лекарственная устойчивость, микробиологический мониторинг, противомикробные препараты, уропатогены, собаки.

Для цитирования: Макавчик С.А., Шляпникова Н.И. Микробиологический мониторинг возбудителей урогенитальных инфекций собак и их устойчивости к противомикробным препаратам в условиях города Тюмени. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:46-49. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.46>

MICROBIOLOGICAL MONITORING OF PATHOGENS OF UROGENITAL INFECTIONS IN DOGS AND THEIR ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN TYUMEN

Svetlana An. Makavchik^{1✉}, Nadezhda Ig. Shlyapnikova²

^{1,2} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹ Doctor of Veterinary Sciences, Assoc. Prof., Associate Professor, Department of Microbiology, Virology, and

ABSTRACT

From the moment of discovery to the present day, antibacterial drugs (antibiotics) have been a therapeutic method for the treatment of patients with bacterial infections, however, the uncontrolled use of these drugs exerts selective pressure on the bacterial population, contributing to their adaptation and the development of resistance properties. The problem of multidrug resistance (MDR) and especially the multidrug resistance (MDR) of uropathogens in urinary tract infections (UTIs) is a potential threat. This happens not only with an increase in the total LU, but also with a heavier structure due to the appointment of antibacterial drugs for preventive purposes, without specially prescribed laboratory diagnostic methods. The special relevance of this study is provided by data obtained from humane medicine on compensatory mutations of drug resistance (MBT), as a result of which not only the growth rate, often previously slowed down in drug-resistant strains, but even their virulence indicators are preserved. Often, the incidence of UTIS is significantly lower than the incidence due to the erased clinical picture, asymptomatic course of infection. The severity and presence of clinical symptoms directly correlates with the type of pathogen. An undetected bacterial infection in a timely manner, as well as an inadequate assessment of the severity of the disease, can lead to an upward course of the inflammatory process, aggravation of clinical symptoms and damage to the upper urinary system of the animal. The aim of the study was to carry out microbiological monitoring of pathogens of urogenital infections in dogs and their resistance to antimicrobial drugs in the city of Tyumen. The study presents the results of the examination of urine samples from 94 dogs by the method of cystocentesis followed by bacterial culture. The study assessed their resistance and sensitivity to various types of antimicrobials. The following isolates were isolated: *Escherichia coli* - in 39,6% of cases, *Proteus mirabilis* - in 17,7% of cases, *Staphylococcus pseudintermedius* - in 13,5%, *Streptococcus canis* - in 12,5%, *Enterococcus faecalis* - in 6,2% of cases, *Enterobacter cloacae* - in 3,1%, *Klebsiella oxytoca* - in 3,1 %, *Klebsiella pneumoniae* - in 1 %, *Acinetobacter calcoaceticus* - in 1 % of cases. Isolates of uropathogenic *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, and *Staphylococcus pseudintermedius* are multidrug-resistant (MDR) and exhibit resistance of up to 97,3% to β -lactam drugs, up to 97,3% to fluoroquinolone drugs, up to 92,3% to tetracyclines, and up to 94,1% to macrolides

Key words: Multidrug resistance, microbiological monitoring, antimicrobials, uropathogens, dogs.

For citation: Makavchik S.A., Shlyapnikova N.I. Microbiological monitoring of pathogens of urogenital infections in dogs and their antimicrobial resistance in Tyumen. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:46-49. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.46>

ВВЕДЕНИЕ

Рост числа видов бактерий с механизмом устойчивости к противомикробным препаратам представляет собой одну из самых больших угроз для общественного здравоохранения, затрагивая как гуманитарную, так и ветеринарную медицину [1,2,3].

Резистентность бактерий к противомикробным препаратам может возникать посредством различных механизмов, включая изменение проницаемости мембраны клеток бактерий, активное выведение антибактериального препарата во внеклеточную среду, все это осложняет лечение бактериальных инфекций и повышает риск гибели животных [4,5]

Однако, в области ветеринарной медицины отсутствуют объективные данные, оценивающие влияние бесконтрольного назначения антибактериальных препаратов на здоровье животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на базе ветеринарной клиники Тюмени с января 2024-по декабрь 2025 гг., в рамках комплексного исследования клинического проявления бактериальной уроинфекции у собак. В исследовании принимало участие 94 собаки, с клиническими признаками урологического синдрома: энурез, гематурия, странгурия, дизурия, гнойные, слизисто-гнойные или серозные выделения, наличие боли, неприятный запах и т.д. В ходе сбора анамнеза, осмотра, и проведенных рутинных диагностических мероприятий, всем животным были проведены соответствующие специальные методы лабораторных исследований - общий клинический анализ и бактериальный посев мочи, отбор образца прово-

дился путем цистоцентеза. Исследовали чувствительность к препаратам, принадлежащим к следующим классам противомикробных средств: β -лактамы (пенициллины и цефалоспорины), фторхинолоны, тетрациклины, макролиды, аминогликозиды, сульфаниламиды, линкозамиды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате оценки бактериальных посевов мочи выделены следующие микроорганизмы, обладающие уропатогенными свойствами: *Escherichia coli* (n=38) - в 39,6%, *Proteus mirabilis* (n=17) - в 17,7%, *Staphylococcus pseudintermedius* (n=13) - в 13,5 %, *Streptococcus canis* (n=12)-12,5%, *Enterococcus faecalis* (n=6)-6,2%, *Enterobacter cloacae* (n=3) - 3,1%, *Klebsiella oxytoca* -3,1%, *Klebsiella pneumoniae* (n=1) - 1%, *Acinetobacter calcoaceticus* (n=1) - 1 % случаев выделения (рис.1).

Оценивая резистентность уропатогенной *Escherichia coli* (n=38) установлена резистентность: к β - лактамам 39,4–97,3 %; ко фторхинолонам 60,5-97,3%; к тетрациклинам 73,6-81,5%; к макролидам: 92,1%; к аминогликозидам 2%; к линкозамидам 92,1%; к сульфаниламидам 42,1%. Данные о полученных результатах представлены в таблице 1.

Исследуя резистентность выделенных изолятов патогена *Proteus mirabilis* (n=17) установлена резистентность: к β - лактамам 5,8-64,7%; ко фторхинолонам 29,4- 41,1%; к тетрациклинам 47%; к макролидам: 94,1%; к аминогликозидам 29,4%; к сульфаниламидам 5,8%. Данные о полученных результатах представлены в таблице 2.

Анализируя резистентность изолятов уропато-

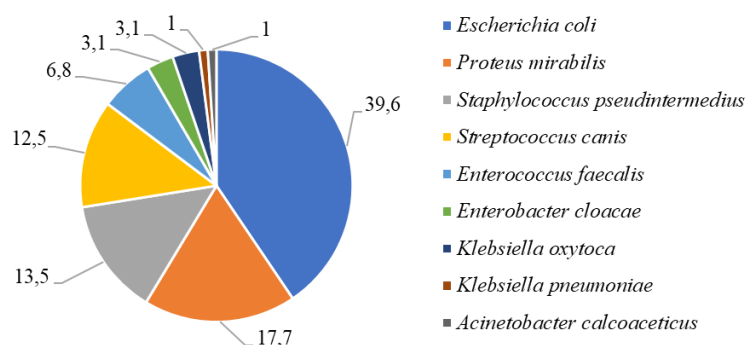


Рисунок 1. Выявленные уропатогены при оценке результатов бактериальных посевов мочи, %.
Figure 1. Detected uropathogens in the assessment of the results of bacterial urine cultures, %.

Таблица 1. Оценка резистентности *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам.
Table 1. Assessment resistance *Escherichia coli* to antibacterial drugs.

Группа антибактериальных препаратов		Название антибактериального препарата	Установленная резистентность, %	
Пенициллины	β- лактамы	Амоксициллин клавуланат	39,4	
		Амоксициллин	97,3	
		Ампициллин	78,9	
Цефиксим		63,1		
Цефутоксим		78,9		
Цефотаксим		34,2		
Цефтриаксон		55,2		
Фторхинолоны		Ципрофлоксацин	97,3	
		Энрофлоксацин	60,5	
Тетрациклины		Доксициклин	73,6	
		Тетрациклин	81,5	
Макролиды		Азитромицин	92,1	
Аминогликозиды		Амикацин	2	
Линкозамиды		Клиндамицин	92,1	
Сульфаниламиды		Ко-тримаксазол	42,1	

Таблица 2. Оценка резистентности *Proteus mirabilis* к антибактериальным препаратам.
Table 2. Assessment resistance of *Proteus mirabilis* to antibacterial drugs.

Группа антибактериальных препаратов		Название антибактериального препарата	Установленная резистентность, %
Пенициллины	β-лактамы	Амоксициллин клавуланат	35,2
		Амоксициллин	47
		Ампициллин	47
Цефиксим		52,9	
Цефуроксим		5,8	
Цефотаксим		5,8	
Цефтриаксон		64,7	
Фторхинолоны		Ципрофлоксацин	29,4
		Энрофлоксацин	41,1
Тетрациклины		Доксициклин	47
		Тетрациклин	47
Макролиды		Азитромицин	94,1
Аминогликозиды		Амикацин	29,4
Сульфаниламиды		Ко-тримаказол	5,8

гена *Staphylococcus pseudintermedius* установлена резистентность: к β-лактамам 15,3–92,3 %; к фторхинолонам 84,6–92,3%; к тетрациклинам 92,3%; к макролидам: 38,4–92,3%; к линкозамидам 23–53,8%; к сульфаниламидам 92,3 %. Данные о полученных результатах представлены в таблице 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были выявлены наиболее распространенные уропатогены собак как *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus pseudintermedius*, а также произведена оценка профиля их резистентности лекарственным противомикробным средствам основного перечня

антибактериальных препаратов, обычно используемых для лечения животных с урогенитальными инфекциями. Собранные данные коррелируют с данными схожих ретроспективных исследований по выделению образцов уропатогенов и определению их профиля антибактериальной чувствительности [6,7,8]. Полученные результаты подчеркивают необходимость постоянного эпидемиологического надзора, регулярных бактериологических мониторингов и внедрения более рациональных стратегий и методов применения антибиотикосберегающей терапии, для сдерживания и снижения антимикробной резистентности.

Таблица 3. Оценка резистентности *Staphylococcus pseudintermedius* к антибактериальным препаратам.
Table 3. Assessment resistance *Staphylococcus pseudintermedius* to antibacterial drugs.

Группа антибактериальных препаратов		Название антибактериального препарата	Установленная резистентность, %	
Пенициллины	β- лактамы	Амоксициллин клавуланат	15,3	
		Амоксициллин	92,3	
		Ампициллин	15,3	
		Оксациллин	53,8	
Цефалоспорины		Цефиксим	69,2	
		Цефуроксим	76,9	
		Цефтриаксон	23,0	
Фторхинолоны		Ципрофлоксацин	92,3	
		Энрофлоксацин	84,6	
Тетрациклины		Доксициклин	92,3	
		Тетрациклин	92,3	
Макролиды		Азитромицин	38,4	
		Эритромицин	92,3	
Линкозамиды		Клиндамицин	23,0	
		Линкомицин	53,8	
Сульфаниламиды		Ко-тримаксазол	92,3	

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соболев В.Е. Урологические заболевания животных: монография. Санкт-Петербург. Лань. 2022. Текст: электронный. Лань: электронно-библиотечная. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/208526?demoKey=bc73f30c6d9b5194c1c8e52ee93194ba> (дата обращения: 25.09.2026).
2. Макавчик С.А., Кротова А.Л. Ранжирование возбудителей гнойно-септических инфекций домашних животных в ветеринарной практике. Международный вестник ветеринарии. 2023;1:20–27. doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.1.20
3. Макавчик С.А., Шляпкинова Н.И. Осложненная бактериальная инфекция мочеполовой системы собаки, вызванная *Escherichia coli*: клинический случай. Международный вестник ветеринарии. 2026;1:461–471. doi.org/10.52419/issn2072-2419.2026.1.461
4. Чиркова А.С., Сидорова К.А., Скосырских Л.Н., Щипакин М.В. Антибактериальная терапия при патологии почек мелких домашних животных. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2024;1:54–58. doi.org/10.52419/issn2782-6252.2024.1.54
5. Скосырских Л. Н., Щедрина Н. И., Альшин С. К. Целесообразность использования антибактериальных препаратов при лечении цистита собак, вызванного бактерией *Escherichia coli*. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025;2(244):50–56. doi.org/10.53083/1996-4277-2025-244-2-50-56
6. Скосырских Л. Н., Чиркова А.С. Принципы профилактирования антибиотикорезистентности при лечении урологического синдрома кошек. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023;4 (68):118–125. doi: 10.21515/1999-1703-113-329-335
7. Lew-Kojrys S., Mlkulska-Sliupien E., Snarska A., Krystiiiewicz W., Pomianowski A. Evaluation of clinical signs and causes of lower urinary tract disease in Polish cats. J. VetIntern. 2017;62:386–393.
8. Lomiya M., Raguvaran R., Mondal D., Dosar S., Nair S., Jitha K., Chandni A., Thakur N., Yadav N., Jambagi K. Mitigating antimicrobial resistance, an approach to stewardship in canine urinary tract infection. Vet Res Commun. 2024;48(4):2145–2155.

REFERENCES

1. Sobolev V.E. Urological Diseases in Animals: Monograph. St. Petersburg: Lan, 2022. Electronic text. Lan Electronic Library System. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <https://reader.lanbook.com/book/208526?demoKey=bc73f30c6d9b5194c1c8e52ee93194ba>
2. Makavchik S.A., Krotova A.L. Ranking of pathogens causing purulent-septic infections in domestic animals in veterinary practice. International Veterinary Bulletin. 2023;1:20–27. (in Russ) doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.1.20
3. Makavchik S.A., Shlyapnikova N.I. Complicated bacterial infection of the canine urogenital system caused by *Escherichia coli*: a clinical case. International Veterinary Bulletin. 2026;1:461–471. (in Russ) doi.org/10.52419/issn2072-2419.2026.1.461
4. Chirkova A.S., Sidorova K.A., Skosyrskikh L.N., Shchipakin M.V. Antibacterial therapy for renal pathology in small domestic animals. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2024;1:54–58. (in Russ) doi.org/10.52419/issn2782-6252.2024.1.54
5. Skosyrskikh L. N., Shchedrina N. I., Alshin S. K. Advisability of using antibacterial drugs in the treatment of cystitis in dogs caused by *Escherichia coli*. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2025;2(244):50–56. (in Russ) doi.org/10.53083/1996-4277-2025-244-2-50-56
6. Skosyrskikh L. N., Chirkova A. S. Principles of preventing antibiotic resistance in the treatment of feline urological syndrome. Bulletin of Bashkir State Agricultural University. 2023;4(68):118–125. (in Russ) doi: 10.21515/1999-1703-113-329-335
7. Lew-Kojrys S., Mlkulska-Sliupien E., Snarska A., Krystiiiewicz W., Pomianowski A. Evaluation of clinical signs and causes of lower urinary tract disease in Polish cats. J. VetIntern. 2017;62:386–393.
8. Lomiya M., Raguvaran R., Mondal D., Dosar S., Nair S., Jitha K., Chandni A., Thakur N., Yadav N., Jambagi K. Mitigating antimicrobial resistance, an approach to stewardship in canine urinary tract infection. Vet Res Commun. 2024;48(4):2145–2155.

Поступила в редакцию / Received: 06.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНАХ-МИШЕНЯХ ПРИ ВИРУСНОМ АРТРИТЕ-ЭНЦЕФАЛИТЕ КОЗ

Екатерина Валерьевна Беляева^{1,4✉}, Елизавета Игоревна Бахтурина², Виктория Игоревна Балабанова³

^{1,2,3}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

⁴АО «НПО «Дом Фармации», Российская Федерация

¹канд. вет. наук, email: belkater@list.ru, orcid.org/0000-0003-1185-1399

²ветеринарный врач, orcid.org/0009-0009-6074-9260

³д-р ветеринар. наук, проф., orcid.org/0000-0002-1391-7833

РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты изучения патологоанатомических и патогистологических изменений в органах-мишенях (лёгкие, головной мозг, суставы, вымя) у 3 коз, больных вирусным артритом-энцефалитом. Диагноз поставлен комплексно с учетом клинических признаков, патологоанатомических и патогистологических изменений, а также выделения генома возбудителя вирусного артрита-энцефалита коз из крови посредством ПЦР. Постановка диагноза основывалась на следующих клинических признаках: кашель, нервные расстройства, мастит, истощение, увеличение запястных суставов, у суягных самок – аборт и рождение нежизнеспособного приплода, а также на детекции генома вируса в крови с помощью ПЦР. При макроскопическом и гистологическом исследованиях были обнаружены очаговая бронхопневмония с очаговым плевритом продуктивного и экссудативного характера, негнойный энцефалит и отек головного мозга, очаговый хронический мастит, продуктивный синовит, хронический периаартрит, а также дегенеративно-дистрофические изменения в гиалиновом хряще и синовиальной оболочке запястного сустава. Полученные данные имели некоторые отличия от случаев, ранее описанных в литературе.

Ключевые слова: козы, артрит, энцефалит, пневмония, мастит.

Для цитирования: Беляева Е.В., Бахтурина Е.И., Балабанова В.И. Патоморфологические изменения в органах-мишенях при вирусном артрит-энцефалите коз. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:50-57. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.50>

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES IN TARGET ORGANS IN VIRAL ARTHRITIS-ENCEPHALITIS OF GOATS

Ekaterina V. Belyaeva^{1,4✉}, Elizaveta I. Bahkturina², Victoria I. Balabanova³

^{1,2,3}Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

⁴RMC «Home of Pharmacy», Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Science, email: belkater@list.ru, orcid.org/0000-0003-1185-1399

²Member of the Student Scientific Society, orcid.org/0009-0009-6074-9260

³Doctor of Veterinary Medicine, Professor, orcid.org/0000-0002-1391-7833

ABSTRACT

The article presents the results of studying pathoanatomical and pathohistological changes in target organs (lungs, brain, joints, udder) in three goats affected by the goat arthritis-encephalitis virus (CAEV). The diagnosis was established comprehensively, taking into account clinical signs, pathoanatomical and pathohistological changes, as well as detection of the CAEV genome in blood samples via polymerase chain reaction (PCR). Diagnosis was based on the following clinical signs: cough; neurological disorders; mastitis; cachexia; enlargement of the carpal joints; in pregnant females — abortions and delivery of non-viable offspring; detection of viral genome in blood via PCR. Macroscopic and histological examinations revealed focal bronchopneumonia with focal pleuritis of productive and exudative nature; non-purulent encephalitis and cerebral oedema; focal chronic mastitis; productive synovitis; chronic periartthritis; degenerative changes in the hyaline cartilage and synovial membrane of the carpal joint. The obtained data showed some differences from cases previously described in the literature.

Key words: goats, arthritis, encephalitis, pneumonia, mastitis.

For citation: Belyaeva E.V., Bahkturina E.I., Balabanova V.I. Pathomorphological changes in target organs in viral arthritis-encephalitis of goats. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:50-57. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.50>

ВВЕДЕНИЕ

Артрит-энцефалит коз (АЭК, англ. Caprine arthritis-encephalitis – CAE) – это хроническое инфекционное заболевание, характеризующееся длительным бессимптомным течением с последующим развитием артрита, интерстициальной пневмонии, мастита и поражением центральной

нервной системы [3]. Заболевание регистрируется во многих странах мира и представляет серьезную угрозу для молочного и мясного козоводства [7].

Возбудителем АЭК является РНК-содержащий вирус семейства Retroviridae, рода *Lentivirus* – вирус артрита-энцефалита коз. Вирус характеризуется высокой генетической изменчивостью, обу-

словенной низкой точностью работы обратной транскриптазы, что способствует формированию множества генетических вариантов возбудителя. Основной путь передачи вируса – вертикальный: от больной матери к потомству через молозиво и молоко, что обеспечивает быстрое распространение возбудителя в стаде. Дополнительное значение имеют горизонтальная передача при совместном содержании животных, контакт с инфицированными биологическими жидкостями и т.д. На территории Российской Федерации зараженные животные выявлены в 27 регионах, причем максимальный процент инфицированных коз зафиксирован в Дальневосточном, Приволжском, Сибирском и Уральском федеральных округах. В отдельных хозяйствах Новосибирской области распространенность вируса достигает 66,7% [6].

Патогенез АЭК обусловлен тропизмом вируса к клеткам моноцитарно-макрофагального ряда, в которых возбудитель персистирует пожизненно. Инфицированные макрофаги мигрируют в различные органы и ткани, инициируя хронический воспалительный процесс. Клинически заболевание проявляется в нескольких формах: у взрослых животных доминирует прогрессирующий артрит (поражаются преимущественно запястные суставы), сопровождающийся хромотой и атрофией мышц; у лактирующих коз регистрируется индуративный мастит. У козлят в возрасте 2–6 месяцев развивается негнойный энцефалит, проявляющийся атаксией, парезами и параличами конечностей. В ряде случаев наблюдается интерстициальная пневмония и хроническое истощение. Важно отметить, что клинические признаки АЭК не являются патогномичными [3].

Ключевую роль в диагностике, дифференциации и углубленном изучении патогенеза АЭК играет гистологическое исследование, которое позволяет выявить характерные патоморфологические изменения в пораженных органах и тканях, интерпретировать их в контексте клинических проявлений.

Согласно литературным источникам наиболее изучены гистологические изменения в ЦНС при негнойном энцефаломиелите с лимфоцитарно-плазмочитарными периваскулярными муфтами [9]. Воспалительные процессы и зоны демиелинизации преимущественно локализуются в перивентрикулярных областях, мозжечке, продолговатом мозге и стволе головного мозга [10].

При хроническом гиперпластическом артрите, поражающий преимущественно запястные суставы, также имеет характерные гистологические черты: лимфоцитарно-плазмочитарная инфильтрация и гипертрофия синовиальной оболочки; пролиферация и утолщение синовиальных ворсин; периваскулярные инфильтраты и фиброз периартикулярных тканей. В далеко зашедших случаях регистрируются некроз и дистрофическая кальцификация хряща, фиброз капсулы и анкилоз сустава [13].

У дойных коз в молочной железе при мастите гистологически выявляется прогрессирующая лимфоцитарно-плазмочитарная инфильтрация интерстиция и перидуктальной соединительной

ткани, на поздних стадиях — обширный фиброз, атрофия и облитерация альвеол и протоков, потеря секреторной паренхимы, замещенной соединительной тканью [9].

Интерстициальная пневмония гистологически проявляется утолщением межальвеолярных перегородок за счет инфильтрации лимфоцитами и макрофагами [8].

Целью нашего исследования является выявление патоморфологических изменений в органах-мишенях, характерных для вирусного заболевания артрита-энцефалита коз у животных с положительным результатом ПЦР, и сравнение полученной информации с имеющимися литературными данными.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили 3 головы мелкого рогатого скота англо-нубийской породы, содержащихся в условиях частного подворного хозяйства в Ленинградской области, с характерными симптомами АЭК. Козёл в возрасте 1 год с клиническими признаками: кашель, двустороннее увеличение запястных суставов, нарушения движения, болезненность при пальпации суставов, задержка роста, неврологические нарушения; коза в возрасте 1,5 года: с субклиническим маститом в послеродовом периоде в анамнезе, с безуспешными попытками осеменения в течение длительного времени, но на момент убоя — без клинических признаков; козлёнок от указанной выше козы, в возрасте 1 месяца, с двусторонним слабо выраженным увеличением запястных суставов, признаки нарушения движений при этом отсутствовали, при пальпации болезненности не отмечалась.

Заранее до убоя у взрослых животных отобрали периферическую кровь из яремной вены для проведения ПЦР-диагностики, в результате которой был обнаружен геном вируса-возбудителя АЭК. Кровь у молодняка не отбиралась, диагноз козленку возрастом 1 месяц не был поставлен.

Убой животных проводили методом оглушения с использованием стилета, далее производили обескровливание открытым способом. После вскрытия по методу Г. В. Шора, на дальнейшее гистологическое исследование у всех убитых животных были отобраны кусочки легких, головного мозга, печени, почек, сердца. Дополнительно у двух животных отбирали ткани запястных суставов, у козы — молочной железы. В дальнейшем материал был помещен в фиксирующую жидкость — 10% раствор нейтрального формалина, на 48 часов. Зафиксированную костную ткань подвергали декальцинации в кислотном декальцинирующем растворе (на основе муравьиной и соляной кислот) в течение 10 дней. По истечении сроков фиксации и декальцинации общепринятыми методиками изготавливали парафиновые блоки, из них — гистологические срезы толщиной 5–7 мкм, окрашиваемые гематоксилином и эозином. Для гистологического исследования полученного материала использовали светооптический микроскоп Микромед-2 (увеличения 40, 100 и 400). Фотографии микропрепаратов изготовлены цифровой фотокамерой TOUPCAM UC MOS05100KPA при помощи программного обеспечения

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении макроскопического исследования у всех животных были обнаружены разные патологические изменения.

Так, у козла возрастом 1 год в краниальной части краниальной доли правого легкого (вершине) отмечали увеличение ткани в размерах, бледность, воздушность, при пальпации ощущалась крепитация. В каудальных частях каудальных долей левого и правого легких были участки серого и серо-вишневого цвета, плотной консистенции (рисунок 1). Головной мозг животного был отечен и полнокровен (рисунок 2). При исследовании запястных суставов осмотром было отмечено их двустороннее увеличение. После снятия кожи вокруг суставов обнаружено разрастание плотной, шероховатой ткани желтоватого цвета, которая местами имела спайки с кожей (рисунок 3). При вскрытии суставной полости вытекало значительное количество прозрачной бесцветной синовиальной жидкости (рисунок 4). Визуально сочленяющие поверхности костей не имели патологических изменений (рисунок 4).

У козы возрастом 1,5 года макроскопических

изменений во всех исследованных органах не было обнаружено.

Козленок, рожденный от положительно реагирующей козы, имел слабо выраженное увеличение запястных суставов. При вскрытии трупа животного в остальных органах изменения не регистрировались.

При гистологическом исследовании на отдельных участках легких козла возрастом 1 год были обнаружены признаки воспаления. Так, в пораженном участке отмечены кровоизлияния, гиперемия сосудов, отек, некроз. В просветах альвеол, в интерстиции легких обнаруживался воспалительный клеточный инфильтрат из лимфоцитов, макрофагов (на отдельных участках альвеолярных макрофагов – пенистых, т.е. активированных), нейтрофилов, с примесью фибрина, при этом межальвеолярные перегородки утолщались за счет продуктивного воспаления, альвеолы расширялись, а альвеолярный эпителий подвергался гиперплазии и гипертрофии, очаговой метаплазии в бронхиолярный эпителий. Просветы бронхов пораженного участка легких были заполнены экссудатом, представленным нейтрофилами и гнойными тельцами, слущенными клетками эпителия, единичными эритроцитами, слизию. В эпителии бронхов были отмечены при-



Рисунок 1. Легкие козла (возраст 1 год). Участки серого и серо-вишневого цвета, плотной консистенции в каудальных частях каудальных долей левого и правого легких.

Figure 1. Lungs of a goat (1 year old). Areas of gray and gray-cherry coloration and firm consistency in the caudal regions of the caudal lobes of the left and right lungs.



Рисунок 3. Область левого скакательного сустава козла (возраст 1 год), кожа удалена. Разрастание плотной, шероховатой ткани желтоватого цвета, которая местами имела спайки с кожей.

Figure 3. Left hock area of a goat (1 year old), skin removed. The growth of dense, rough, yellowish tissue, which in some places had adhesions with the skin.

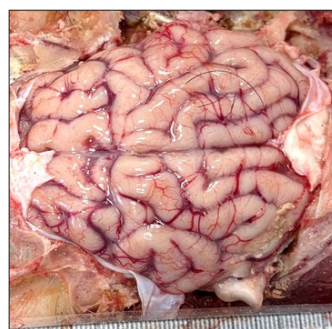


Рисунок 2. Головной мозг козла (возраст 1 год). Отек и полнокровие сосудов.

Figure 2. Brain of a goat (1 year old). Edema and vascular congestion.



Рисунок 4. Вскрытый левый скакательный сустав козла (возраст 1 год). Значительное количество прозрачной бесцветной синовиальной жидкости. Сочленяющие поверхности костей не имеют патологических изменений.

Figure 4. Opened left hock joint of a goat (1 year of age). A significant amount of clear, colorless synovial fluid is present. The articular surfaces of the bones show no pathological changes.

знаки гипертрофии и гиперплазии, очагового некроза, который на отдельных участках приводил к разрушению стенки бронха. У крупных бронхов встречалась гиперплазия перибронхиальной лимфоидной ткани, которая в совокупности с признаками воспаления приводила к сужению просветов, складчатости эпителия, местами – к атрофии и некрозу. Плевра пораженного участка легкого была очагово утолщена за счет отека, воспалительной инфильтрации макрофагами, лимфоцитами, единичными нейтрофилами. Таким образом, указанные макроскопические и гистологические признаки свидетельствуют об субсегментарной двусторонней нижнедолевой бронхопневмонии продуктивного и экссудативного характера с очаговым плевритом (рисунок 5).

На неповрежденных участках легких отмечены

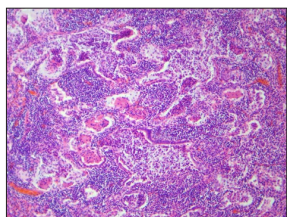


Рисунок 5. Гистологический срез легких козла (возраст 1 год). Кровоизлияния, гиперемия сосудов, отек, некроз. В просветах альвеол, в интерстиции легких – воспалительный клеточный инфильтрат из лимфоцитов, макрофагов (на отдельных участках альвеолярных макрофагов – пенистых, т.е. активированных), нейтрофилов, с примесью фибрина, отечной жидкости, слущенных клеток. Межальвеолярные перегородки утолщены, альвеолы расширены, альвеолярный эпителий в состоянии гиперплазии и гипертрофии, очаговой метаплазии в бронхиолярный эпителий. Бронхопневмония. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 5. Histological section of a goat lung (1 year of age). Hemorrhage, vascular hyperemia, edema, and necrosis. Inflammatory cellular infiltrate—comprising lymphocytes, macrophages (including—in certain areas—foamy, i.e., activated, alveolar macrophages), and neutrophils, admixed with fibrin, edema fluid, and desquamated cells—is present within the alveolar lumina and the pulmonary interstitium. Inter-alveolar septa are thickened; alveoli are dilated; alveolar epithelium exhibits hyperplasia, hypertrophy, and focal metaplasia into bronchiolar-type epithelium. Bronchopneumonia. Hematoxylin and eosin stain; magnification $\times 100$.

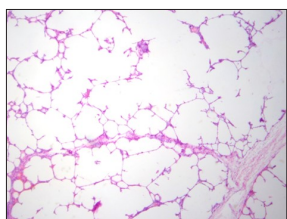


Рисунок 7. Гистологический срез легких козла (возраст 1 год). Альвеолы расширены, межальвеолярные перегородки истончены, местами с разрывами. Альвеолярная эмфизема. Очаговый интерстициальный отек. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 40.

Figure 7. Histological section of a goat's lung (age: 1 year). Alveoli are distended; interalveolar septa are thinned and show focal ruptures. Alveolar emphysema. Focal interstitial edema. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 40$.

кровоизлияния, очаговый периваскулярный, альвеолярный и интерстициальный отек (рисунки 6, 8). Местами альвеолы были значительно увеличены в размерах, межальвеолярные перегородки истончены, иногда с разрывами, что указывает на очаговую альвеолярную эмфизему (рисунок 7). На соседних участках некоторые альвеолы были уменьшены в размерах, спавшиеся, межальвеолярные перегородки были незначительно утолщены, что свидетельствует об очаговом ателектазе (рисунок 8).

При гистологическом исследовании головного мозга козла отмечена гиперемия сосудов, периваскулярный отек (рисунок 10). В продолговатом мозге были обнаружены «периваскулярные клеточные муфты», представляющие собой скопления лимфоцитов и макрофагов вокруг сосудов, сопровождаемые просветлением цитоплазмы окружающих клеток, перичеселлярным отеком (рисунки 9, 10).

Гистологический анализ тканей запястного сустава показал наличие дегенеративно-дистрофических изменений гиалинового хряща и синовиальной оболочки (рисунок 11). В периакулярных тканях выявлены признаки фиброза, гиалиноза, очагов некроза, диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, что указывает на хронический периаартрит (рисунок 12). В остальных исследованных органах их гистологическое строение соответствовало норме.

У козы возрастом 1,5 года были обнаружены очаговые изменения в молочной железе, характе-

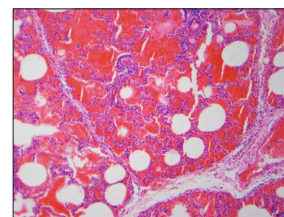


Рисунок 6. Гистологический срез легких козла (возраст 1 год). Кровоизлияния, очаговые альвеолярный и интерстициальный отек. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 6. Histological section of the lungs of a goat (age 1 year). Hemorrhages, focal alveolar and interstitial edema. Hematoxylin and eosin staining, magnification 100.

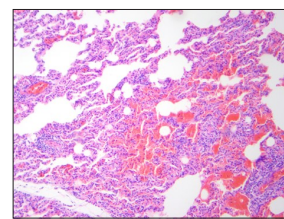


Рисунок 8. Гистологический срез легких козла (возраст 1 год). Некоторые альвеолы уменьшены, спавшиеся, межальвеолярные перегородки незначительно утолщены. Очаговый ателектаз. Очаговый альвеолярный отек. Кровоизлияния. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 8. Histological section of a goat's lung (age: 1 year). Some alveoli are reduced in size and collapsed; interalveolar septa are slightly thickened. Focal atelectasis. Focal alveolar edema. Hemorrhages. Hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 100$.

ризующиеся некрозом, фиброзом, сморщиванием и базофилией одних ацинусов и дилатацией других с атрофией их эпителия, при этом некоторые из пораженных ацинусов были пустые, а некоторые – с эозинофильным содержимым. Указанные признаки сопровождались диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрацией и свидетельствуют об очаговом хроническом мастите (рисунки 13, 14). Кроме того, в печени у козы была отмечена центрлобулярная вакуолизация цитоплазмы многих гепатоцитов мелкими и средними вакуолями, при этом в некоторых клетках цитоплазма, ядро и другие органеллы были смещены на периферию, что придавало клеткам перстневидную форму. Указанные признаки, вероятнее всего, свидетельствуют о жировой дистрофии гепатоцитов (рисунок 15). Во всех остальных исследованных органах гистологических изменений не было обнаружено.

У козленка возрастом 1 месяц гистологические изменения были обнаружены лишь в запястном

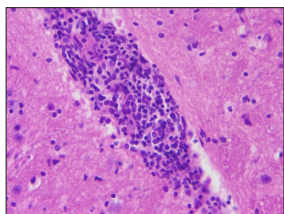


Рисунок 9. Гистологический срез продолговатого мозга козла (возраст 1 год). «Периваскулярные клеточные муфты», представляющие собой скопление лимфоцитов и макрофагов вокруг сосудов, сопровождаемые просветлением цитоплазмы окружающих клеток, периваскулярным и перичеселлюлярным отеком. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400.

Figure 9. Histological section of the medulla oblongata of a goat (1 year old). "Perivascular cellular cuffs"—accumulations of lymphocytes and macrophages around blood vessels—accompanied by clearing of the surrounding cells' cytoplasm and by perivascular and pericellular edema. Hematoxylin and eosin stain, 400x magnification.

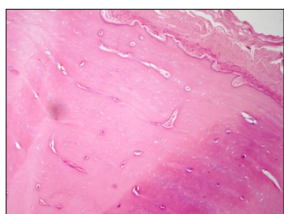


Рисунок 11. Гистологический срез суставной поверхности дистального эпифиза лучевой кости козла (возраст 1 год). Дегенеративно-дистрофические изменения гиалинового хряща и синовиальной оболочки. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 40.

Figure 11. Histological section of the articular surface of the distal epiphysis of the radius in a goat (1 year old). Degenerative-dystrophic changes in the hyaline cartilage and synovial membrane. Hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 40$.

суставе. Так, синовиальная оболочка местами была утолщена за счет пролиферации синовиоцитов и формирования множества рядов в покровном слое, диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, отека, гиперваскуляризации увеличенных участков, а также очагового некроза и фиброза, что свидетельствует об очаговом продуктивном синовите (рисунки 16-18).

По результатам вскрытия и гистологического исследования отмечены морфологические изменения, отвечающие за определенные клинические признаки у больных животных. У козла возрастом 1 год отмечалось одновременное поражение дыхательной, нервной систем и опорно-двигательного аппарата. Так, кашель и нарушения дыхания были вызваны субсегментарной двусторонней нижнедолевой бронхопневмонией с очаговым плевритом. Важно уточнить, что в литературных данных при вирусном артрите-энцефалите коз описана интерстициальная пневмония [4], вызываемая непосредственно виру-

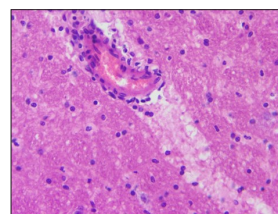


Рисунок 10. Гистологический срез продолговатого мозга козла (возраст 1 год). «Периваскулярные клеточные муфты», представляющие собой скопление лимфоцитов и макрофагов вокруг сосудов, сопровождаемые просветлением цитоплазмы окружающих клеток, периваскулярным и перичеселлюлярным отеком. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400.

Figure 10. Histological section of the medulla oblongata of a goat (1 year old). "Perivascular cellular cuffs"—aggregates of lymphocytes and macrophages around blood vessels—accompanied by clearing of the cytoplasm of surrounding cells and by perivascular and pericellular edema. Hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 400$.

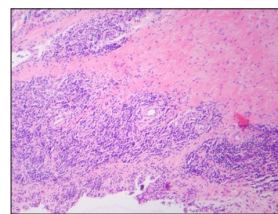


Рисунок 12. Гистологический срез плотной, шероховатой ткани, разросшейся в области запястного сустава, козла (возраст 1 год). Фиброз, гиалиноз, очаги некроза, диффузно-очаговая лимфоцитарно-макрофагальная инфильтрация. Хронический периартрит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 12. Histological section of dense, rough tissue proliferating in the carpal joint area of a goat (1 year old). Fibrosis, hyalinosis, foci of necrosis, and diffuse-focal lymphocytic-macrophage infiltration. Chronic periarthrititis. Hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 100$.

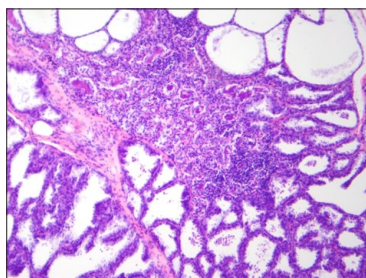


Рисунок 13. Гистологический срез молочной железы козы (возраст 1,5 года). Очаговые некроз, фиброз, сморщивание одних ацинусов и дилатация других с атрофией их эпителия, некоторые из пораженных ацинусов пустые, некоторые – с эозинофильным содержимым, диффузно-очаговая лимфоцитарно-макрофагальная инфильтрация. Очаговый хронический мастит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100

Figure 13. Histological section of a goat mammary gland (age 1.5 years). Focal necrosis, fibrosis, shrinkage of some acini and dilation of others with epithelial atrophy; some affected acini are empty, while others contain eosinophilic material; diffuse-focal lymphocytic-macrophage infiltration. Focal chronic mastitis. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 100$.

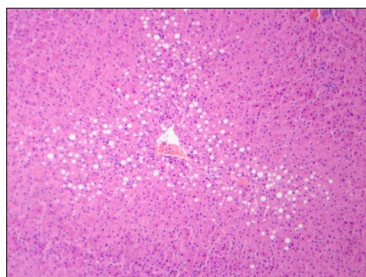


Рисунок 15. Гистологический срез печени козы (возраст 1,5 года). Центролобулярная везикулярная (предположительно жировая) дистрофия гепатоцитов. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 15. Histological section of goat liver (age 1.5 years). Centrilobular vesicular (presumed fatty) degeneration of hepatocytes. Hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 100$.

сом, однако в данном случае морфологически, помимо утолщения межальвеолярных перегородок вследствие воспалительной инфильтрации, что в данном случае рассматривается как продуктивное воспаление, отмечалось развитие экссудативных процессов. Такие изменения можно объяснить вторичным патогенным влиянием вируса в виде снижения системного и местного иммунного ответа, вызванного поражением лимфатической системы, в результате чего активно размножаются бактерии и развиваются вторичные бактериальные инфекции [2]. В итоге скопление экссудата в бронхах приводило к их закупорке, которая в свою очередь вызывала развитие ателектаза. Кроме того, на отдельных участках бронхов их частичное закрытие, образовавшееся в результате скопления экссудата и сужения просвета, приводило к резкому повышению альвеолярного давле-

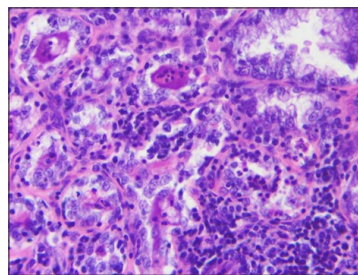


Рисунок 14. Гистологический срез молочной железы козы (возраст 1,5 года). Очаговые некроз, фиброз, сморщивание и базофилия ацинусов; некоторые из пораженных ацинусов пустые, некоторые – с эозинофильным содержимым, очаговая лимфоцитарно-макрофагальная инфильтрация. Очаговый хронический мастит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400.

Figure 14. Histological section of a goat mammary gland (age 1.5 years). Focal necrosis, fibrosis, shrinkage, and basophilia of acini; some affected acini are empty, while others contain eosinophilic material; focal lymphocytic-macrophage infiltration. Focal chronic mastitis. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 400$.

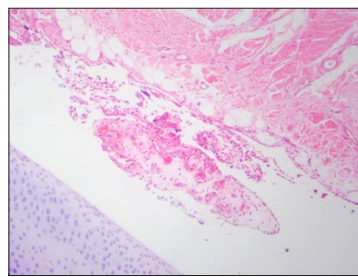


Рисунок 16. Гистологический срез суставной полости запястного сустава козленка (возраст 1 месяц). Синовиальная оболочка очагово утолщена за счет пролиферации синовиоцитов, диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, гиперваскуляризации, очагового некроза и фиброза, Очаговый продуктивный синовит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100.

Figure 16. Histological section of the carpal joint cavity in a kid (1 month old). The synovial membrane shows focal thickening due to synovial cell proliferation, diffuse-focal lymphocytic-macrophage infiltration, hypervascularization, and focal necrosis and fibrosis; focal proliferative synovitis. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 100$.

ния посредством нарушения процессов движения воздуха, что в конечном счете становилось причиной компенсаторной эмфиземы легких. Нервные расстройства при жизни стали следствием негнойного энцефалита. Увеличение суставов и нарушение движений было вызвано хроническим периартритом и дегенеративно-дистрофическими изменениями гиалинового хряща и синовиальной оболочки запястных суставов.

Козленок возрастом 1 месяц, рожденный от положительно реагирующей козы, но не имевший лабораторного подтверждения диагноза, не обладал клиническими признаками АЭК, визу-

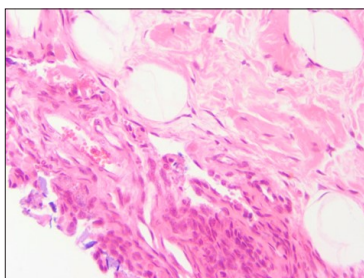


Рисунок 17. Гистологический срез суставной полости запястного сустава козленка (возраст 1 месяц). Синовиальная оболочка утолщена за счет пролиферации синовиоцитов, диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, гиперваскуляризации, очагового некроза и фиброза, Очаговый продуктивный синовит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400.

Figure 17. Histological section of the carpal joint cavity of a kid (1 month old). The synovial membrane is thickened due to synoviocyte proliferation, diffuse-focal lymphocytic-macrophage infiltration, hypervascularization, and focal necrosis and fibrosis; focal proliferative synovitis. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 400$.

ально регистрировалось только слабо выраженное увеличение запястных суставов без нарушения движений, без болезненности при пальпации. При гистологическом исследовании были отмечены признаки продуктивного синовита, хотя по многим литературным данным у молодняка преобладает нервная и легочная формы, которые проявляются с двухмесячного возраста. Согласно литературным данным внутриутробное заражение при АЭК невозможно [2], молодняк заболевает при употреблении молозива и молока от больной самки. Таким образом, козленок был рожден здоровым, но заразился от своей матери при молочном вскармливании, и в течение месяца жизни признаки болезни уже активно развивались. Это говорит о достаточно стремительном прогрессировании суставной формы. При этом его мать, коза возрастом 1,5 лет, имела положительный лабораторный диагноз АЭК, а при гистологическом исследовании молочной железы отмечен очаговый хронический мастит. Важно отметить, что клинические и макроскопические признаки поражения вымени на момент исследований не отмечались. Кроме того, у козы при микроскопическом анализе зарегистрирована жировая дистрофия печени, которая в литературе не описана как следствие воздействия данного вируса. Однако согласно биохимическим исследованиям крови больных животных [1] признаки функционально-

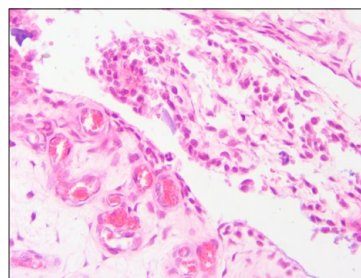


Рисунок 18. Гистологический срез суставной полости запястного сустава козленка (возраст 1 месяц). Синовиальная оболочка утолщена за счет пролиферации синовиоцитов, диффузно-очаговой лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, отека, гиперваскуляризации, очагового некроза и фиброза, Очаговый продуктивный синовит. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400.

Figure 18. Histological section of the carpal joint cavity in a kid (1 month old). The synovial membrane is thickened due to synoviocyte proliferation, diffuse-focal lymphocytic-macrophage infiltration, edema, hypervascularization, focal necrosis, and fibrosis. Focal proliferative synovitis. Hematoxylin and eosin stain, magnification $\times 400$.

го нарушения печени могут отмечаться у дойных животных, исходя из чего можно предположить, что данное изменение может являться жировой дистрофией, так как при вирусных болезнях идет нарушение метаболизма, которое способно провоцировать накопление липидов в гепатоцитах.

ВЫВОДЫ

1. Интерстициальная пневмония при АЭК может осложняться бактериальной инфекцией в случаях снижения общего и местного иммунитета.
2. При хроническом течении суставной формы АЭК у взрослых животных поражениям воспалительного характера серьезно подвергаются периферические ткани. В гиалиновом хряще и синовиальной оболочке при этом могут развиваться дегенеративно-дистрофические изменения.
3. У молодняка до двухмесячного возраста возможно наличие суставной формы, которая на ранних стадиях может протекать без клинических признаков, при этом морфологически воспалительные процессы синовиальной оболочки уже прогрессируют.
4. В паренхиматозных органах, в частности в печени, при АЭК могут встречаться дистрофические изменения.
5. Поражение вымени у дойных коз проявляется хроническим очаговым маститом, который может не обнаруживаться при макроскопическом и клинических исследованиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дроздова Л.И., Быков Д.А. Анализ биохимического и иммунологического статуса организма козы при артрит-энцефалите. Аграрный вестник Урала. 2026; 26 (01): 85–93.
2. Дроздова Л.И. Патогенетическая основа морфологического проявления артрита-энцефалита у коз. Научно-практические рекомендации. Екатеринбург, Издательство Уральского ГАУ, 2026. - 50 с.
3. Коптев В.Ю., Шкиль Н.А., Бальбина Н.Ю., Пенькова И.Н. Клинические признаки и патоморфологические изменения при артрите-энцефалите коз. Ветеринария сегодня. 2023;12(2):126-132. doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-126-132
4. Кудряшов А.А., Балабанова В.И., Бабина С.Ю. Патоморфологические изменения в легких и головном мозге при вирусном артрите-энцефалите коз. Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2014;3 (23): 54-58
5. Мужикян А.А., Макарова М.Н., Гущин Я.А. Особенности гистологической обработки органов и тканей лабора-

торных животных. Международный вестник ветеринарии. 2014;2:103-109.

6. Пенькова И.Н., Бальбина Н.Ю., Коптев В.Ю., Шкиль Н.А. Эпизоотическая ситуация по артриту-энцефалиту коз (саев) в центрально-восточной зоне Новосибирской области. Международный вестник ветеринарии. 2020;(2):16-21.
7. Debeljak Z. et al. Arthritis encefalitis koza–karakteristike bolesi, epizootiološka situacija i mere kontrole. 33. Savetovanje veterinarara Srbije, Zlatibor, 8-11. September 2022. 2022: 11-25.
8. Eroksuz Y. et al. Clinical, Pathological and Molecular Findings in Caprine Arthritis – Encephalitis Virus Infection in Damascus Goats. University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine. Acta Veterinaria. 2022;72(3):324-333.
9. Gain Son, Eun-sang, Cho Shin, Hyun-Jin, Hwa-Young Son. Histopathological features and viral genome detection in caprine arthritis encephalitis virus infected dairy goats in Korea. Korean Journal of Veterinary Service. 2017;40(3):161-168.
10. Gonzalez L., Gelabert J.L., Marco J.C., Saez de Okariz C. Caprine arthritis-encephalitis in the Basque country. Spain. Vet Rec. 1987 Jan 31; 120(5):102-9. doi: 10.1136/vr.120.5.102. PMID: 3037762
11. Petkevičius S., Klibavičė P., Šalomska A., Kupčinskas T., Moroz-Fik A., Biernacka K., Mickiewicz M., Nowek Z., Özsvári L., Bárdos K., Stuen S., Abril C.E., Bertoni G., Kaba J., Czopowicz M. The herd-level prevalence of caprine arthritis-encephalitis and genetic characteristics of small ruminant lentivirus in the Lithuanian goat population. Prev Vet Med. 2024 Dec;233:106363. Epub 2024 Oct 23. PMID: 39486103.doi: 10.1016/j.prevetmed.2024.106363
12. Storset A.K., Evensen O., Rimstad E. Immunohistochemical identification of caprine arthritis-encephalitis virus in paraffin-embedded specimens from naturally infected goats. Vet Pathol. 1997 May;34(3):180-8. PMID: 9163873.doi: 10.1177/030098589703400302
13. Zink M.C., Yager J.A., Myers J.D. Pathogenesis of caprine arthritis encephalitis virus. Cellular localization of viral transcripts in tissues of infected goats. Am J Pathol. 1990 Apr;136(4):843-54. PMID: 2327471; PMCID: PMC1877653.

REFERENCES

1. Drozdova L.I., Bykov D.A. Analysis of the biochemical and immunological status of the goat organism in cases of arthritis-encephalitis. Agrarian Bulletin of the Urals. 2026; 26 (01): 85–93. (in Russ)
2. Drozdova L.I. Pathogenetic basis of the morphological manifestations of arthritis-encephalitis in goats. Scientific and practical recommendations, Yekaterinburg, Ural State Agrarian University Publishing House, 2026. 50 p. (in Russ)
3. Koptev V.Yu., Shkil N.A., Balybina N.Yu., Penkova I.N. Clinical signs and pathomorphological changes in goat arthritis-encephalitis. Veterinary Medicine Today. 2023;12(2):126-132. (in Russ) doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-126-132
4. Kudryashov A.A., Balabanova V.I., Babina S.Yu. Pathomorphological changes in the lungs and brain in viral arthritis-encephalitis of goats. Current Issues in Veterinary Biology. 2014;3 (23): 54-58. (in Russ)
5. Muzhikyan A.A., Makarova M.N., Gushchin Ya.A. Specifics of histological processing of organs and tissues of laboratory animals. International Veterinary Bulletin. 2014;2:103-109. (in Russ)
6. Penkova I.N., Balybina N.Yu., Koptev V.Yu., Shkil N.A. Epizootic situation regarding caprine arthritis-encephalitis (CAEV) in the central-eastern zone of the Novosibirsk Region. International Veterinary Bulletin. 2020;(2):16-21. (in Russ)
7. Debeljak Z. et al. Arthritis encefalitis koza–karakteristike bolesi, epizootiološka situacija i mere kontrole. 33. Savetovanje veterinarara Srbije, Zlatibor, 8-11. September 2022. 2022: 11-25.
8. Eroksuz Y. et al. Clinical, Pathological and Molecular Findings in Caprine Arthritis – Encephalitis Virus Infection in Damascus Goats. University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine. Acta Veterinaria. 2022;72(3):324-333.
9. Gain Son, Eun-sang, Cho Shin, Hyun-Jin, Hwa-Young Son. Histopathological features and viral genome detection in caprine arthritis encephalitis virus infected dairy goats in Korea. Korean Journal of Veterinary Service. 2017;40(3):161-168.
10. Gonzalez L., Gelabert J.L., Marco J.C., Saez de Okariz C. Caprine arthritis-encephalitis in the Basque country. Spain. Vet Rec. 1987 Jan 31; 120(5):102-9. doi: 10.1136/vr.120.5.102. PMID: 3037762
11. Petkevičius S., Klibavičė P., Šalomska A., Kupčinskas T., Moroz-Fik A., Biernacka K., Mickiewicz M., Nowek Z., Özsvári L., Bárdos K., Stuen S., Abril C.E., Bertoni G., Kaba J., Czopowicz M. The herd-level prevalence of caprine arthritis-encephalitis and genetic characteristics of small ruminant lentivirus in the Lithuanian goat population. Prev Vet Med. 2024 Dec;233:106363. Epub 2024 Oct 23. PMID: 39486103.doi: 10.1016/j.prevetmed.2024.106363
12. Storset A.K., Evensen O., Rimstad E. Immunohistochemical identification of caprine arthritis-encephalitis virus in paraffin-embedded specimens from naturally infected goats. Vet Pathol. 1997 May;34(3):180-8. PMID: 9163873.doi: 10.1177/030098589703400302
13. Zink M.C., Yager J.A., Myers J.D. Pathogenesis of caprine arthritis encephalitis virus. Cellular localization of viral transcripts in tissues of infected goats. Am J Pathol. 1990 Apr;136(4):843-54. PMID: 2327471; PMCID: PMC1877653.

Поступила в редакцию / Received: 26.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 09.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ПРОБИОТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИЗОЛЯТОВ *LACTOBACILLUS BREVIS* И *LACTOCOCCUS LACTIS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

Екатерина Геннадьевна Абрамова^{1✉}, Ольга Владимировна Зверева², Анастасия Сергеевна Вострикова³, Владимир Михайлович Сыров⁴, Михаил Юрьевич Сыромятников⁵

^{1,2,3,4,5} Воронежский государственный университет инженерных технологий, Российская Федерация

¹ младший научный сотрудник, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, email:

ka.abramova2012@yandex.ru, orcid.org/0009-0009-3669-3228

² младший научный сотрудник, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, orcid.org/0000-0002-7051-9858

³ младший научный сотрудник, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, orcid.org/0009-0005-9460-9507

⁴ младший научный сотрудник, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий

⁵ канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория метагеномики и пищевых биотехнологий, orcid.org/0000-0001-9028-0613

РЕФЕРАТ

В настоящее время актуальна проблема поиска новых перспективных штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) для использования в качестве пробиотических добавок в животноводстве. Творожная сыворотка - побочный продукт молочного производства, характеризующаяся низкими значениями pH и специфичным химическим составом, является естественной средой обитания для фенотипически устойчивых штаммов, потенциально способных выживать в условиях желудочно-кишечного тракта животных. В ходе исследования из образца творожной сыворотки были выделены и идентифицированы два штамма МКБ: *Lactobacillus brevis* и *Lactococcus lactis*. Комплексная оценка их пробиотического потенциала включала определение антагонистической активности в отношении тест-штаммов *Escherichia coli*, устойчивости к различным значениям pH (2,0–8,0) и концентрациям желчи (10–40%), чувствительности к антибиотикам, а также адгезивных свойств (аутоагрегация, гидрофобность клеточной поверхности и способность к образованию биопленок). Результаты показали, что оба штамма демонстрируют высокую антагонистическую активность против *E. coli*. При этом *L. lactis* проявляет очень высокую эффективность (зоны задержки роста свыше 20 мм) против двух из трех тестовых культур. Наиболее значительные различия между штаммами были выявлены при оценке их устойчивости к факторам желудочно-кишечного тракта: *L. brevis* продемонстрировал высокую устойчивость к низкому значению pH 2,0 (численность сохраняется на уровне >108 КОЕ/мл) и высоким концентрациям желчи (до 30%), в то время как *L. lactis* был более чувствителен к данным стрессовым факторам. Оба штамма демонстрировали множественную природную устойчивость к антибиотикам, что типично для «диких» штаммов МКБ, однако профиль антибиотикорезистентности у *L. lactis* был более широким. При оценке адгезивных свойств было обнаружено, что оба штамма обладают высокой гидрофобностью поверхности клетки (>97%), при этом *L. lactis* значительно превосходил *L. brevis* по способности к аутоагрегации (86% против 41%) и умеренного образования биопленки. Полученные результаты комплексной оценки пробиотических свойств штаммов, выделенных из творожной сыворотки, открывают перспективы для разработки эффективных мультиштаммовых пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, творожная сыворотка, пробиотический потенциал, животноводство, пробиотики.

Для цитирования: Абрамова Е.Г., Зверева О.В., Вострикова А.С., Сыров В.М., Сыромятников М.Ю. Пробиотический потенциал изолятов *Lactobacillus brevis* и *Lactococcus lactis*, выделенных из творожной сыворотки. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:58-64. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.58>

PROBIOTIC POTENTIAL OF *LACTOBACILLUS BREVIS* AND *LACTOCOCCUS LACTIS* ISOLATES FROM COTTAGE CHEESE WHEY

Ekaterina G. Abramova^{1✉}, Olga V.I. Zvereva², Anastasia S. Vostrikova³, Vladimir M. Syrov⁴, Mikhail Yu. Syromyatnikov⁵

^{1,2,3,4,5} Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation

¹ Junior Researcher, Laboratory of Metagenomics and Food Biotechnology, email: ka.abramova2012@yandex.ru, orcid.org/0009-0009-3669-3228

² Junior Researcher, Laboratory of Metagenomics and Food Biotechnology, orcid.org/0000-0002-7051-9858

³ Junior Researcher, Laboratory of Metagenomics and Food Biotechnology, orcid.org/0009-0005-9460-9507

⁴ Junior Researcher, Laboratory of Metagenomics and Food Biotechnology

⁵ Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Metagenomics and Food Biotechnology, orcid.org/0000-0001-9028-0613

ABSTRACT

Currently, the search for new promising strains of lactic acid bacteria (LAB) for use as probiotic supplements in animal husbandry farming is a pressing issue. Cottage cheese whey, a by-product of dairy production

characterized by low pH values and a specific chemical composition, serves as a natural habitat for phenotypically resistant strains potentially capable of surviving in the gastrointestinal tract of animals. In this study, two LAB strains, *Lactobacillus brevis* and *Lactococcus lactis*, were isolated and identified from a cottage cheese whey sample. A comprehensive assessment of their probiotic potential included the determination of antagonistic activity against *Escherichia coli* test strains, resistance to various pH values (2.0–8.0) and bile concentrations (10–40%), antibiotic susceptibility, as well as adhesive properties (autoaggregation, cell surface hydrophobicity, and biofilm formation ability). The results showed that both strains exhibit high antagonistic activity against *E. coli*. Meanwhile, *L. lactis* demonstrated very high efficacy (growth inhibition zones exceeding 20 mm) against two of the three test cultures. The most significant differences between the strains were revealed in the assessment of their resistance to gastrointestinal factors: *L. brevis* exhibited high resistance to low pH 2.0 (maintaining viability at $>10^8$ CFU/mL) and high bile concentrations (up to 30%), whereas *L. lactis* was more sensitive to these stress factors. Both strains displayed multiple natural antibiotic resistance, which is typical for "wild" LAB strains; however, the antibiotic resistance profile of *L. lactis* was broader. In the assessment of adhesive properties, both strains were found to possess high cell surface hydrophobicity ($>97\%$), with *L. lactis* significantly surpassing *L. brevis* in autoaggregation ability (86% vs. 41%) and moderate biofilm formation. The results of this comprehensive evaluation of the probiotic properties of strains isolated from cottage cheese whey open up prospects for the development of effective multi-strain probiotic preparations for farm animals.

Key words: lactic acid bacteria, cottage cheese whey, probiotic potential, animal husbandry, probiotics.

For citation: Abramova E.G., Zvereva O.V., Vostrikova A.S., Syrov V.M., Syromyatnikov M.Yu. Probiotic potential of *Lactobacillus brevis* and *Lactococcus lactis* isolates from cottage cheese whey. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:58–64. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.58>

ВВЕДЕНИЕ

Молочнокислые бактерии (МКБ) традиционно занимают особое место в производстве современных кормовых добавок благодаря их способности благоприятно влиять на здоровье и продуктивность животных [16,18,19]. Их ценность обусловлена метаболической пластичностью, антагонистической активностью в отношении условно-патогенной и патогенной микрофлоры, а также доказанным иммуномодулирующими и антиоксидантными свойствами [1,2]. Возрастающие требования к оценке пробиотиков по эффективности, стабильности и безопасности создают необходимость систематического поиска новых штаммов с уникальными технологическими и пробиотическими характеристиками [1,12]. Приоритетными характеристиками пробиотических штаммов, в первую очередь, является устойчивость к технологическим стрессам, стабильность в целевых кормовых матрицах, соответствие критериям безопасности [1,2,5]. В связи с этим, отбор перспективных штаммов требует комплексного подхода, включающего оценку их функциональной активности и строгую проверку на соответствие требованиям животноводческой практики [1,6,19].

Потенциальным источником пробиотических микроорганизмов является творожная сыворотка — крупнотоннажный побочный продукт кисломолочного производства, содержащий белки, пептиды, лактозу, минеральные вещества и витамины [5]. Сыворотка является естественной средой для роста молочнокислых бактерий, в том числе потенциально полезных штаммов, адаптированных к низким значениям pH и присутствию органических кислот [7,6]. Творожная сыворотка, как специфический источник для выделения МКБ с пробиотическим потенциалом, остаётся малоизученной. Несмотря на это, именно совокупность таких стрессовых факторов, как высокая кислотность сыворотки, ограниченное содержание углеводов и других питательных веществ в ней может способствовать отбору фенотипиче-

ски устойчивых штаммов с повышенной выживаемостью в условиях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) животных [5,14,15].

Таким образом, выделение и комплексная характеристика МКБ из творожной сыворотки представляет собой важную задачу для разработки эффективных пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных. Ее успешная реализация требует строгого сочетания классических микробиологических методов с современными молекулярными подходами и функциональными *in vitro* тестами, что обеспечит комплексную оценку пригодности выделенных штаммов [4,9,10].

Исходя из вышесказанного, целью настоящего исследования является выделение чистых культур молочнокислых бактерий из образца творожной сыворотки с последующей характеристикой их пробиотических свойств *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выделение чистых культур (ЧК) молочнокислых бактерий из творожной сыворотки включало предварительное получение накопительной культуры (НК) в жидких средах MRS и M-17 с последующим высевом десятикратных разведений НК на агаризованные среды с целью получения изолированных колоний [15,20]. Таксономическую идентификацию выделенных штаммов проводили методом секвенирования гена 16S рPHK [20].

Оценку антагонистической активности исследуемых культур микроорганизмов в отношении тест-культуры *Escherichia coli* (штаммы Тор 3, Тор 10, MC1610) проводили методом агаровых блоков [3,17].

Определение устойчивости к pH проводили методом посева исследуемых культур в жидкие питательные среды MRS и M-17 со значениями pH от 2,0 до 8,0 с дальнейшей количественной оценкой выживаемости методом подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) на агаризованной среде [13,17].

Устойчивость изучаемых штаммов к желчи определяли методом внесения исследуемых культур в бульонные среды MRS и M-17, содер-

жащие 10%, 20%, 30% и 40% медицинской консервированной желчи. Количественный учет жизнеспособных клеток проводили методом подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) на агаризованной среде [13,17].

Чувствительность пробиотических штаммов к антибиотикам определяли диско-диффузионным методом [13,17].

Определение адгезивных свойств штаммов МКБ из творожной сыворотки – активности аутоагрегации, гидрофобности клеточной поверхности и способности к образованию биопленки – проводили по описанной ранее методике [8].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием дисперсионного анализа ANOVA в программе STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из образца творожной сыворотки были изолированы характерные для молочнокислых бактерий колонии: однородные, белого или беловато-молочного цвета с ровными краями и выпуклой поверхностью, с кисломолочным запахом [15]. Идентификация методом секвенирования гена 16S рРНК позволила отнести отобранные изоляты к следующим видам: *Lactobacillus brevis* и *Lactococcus lactis*.

Изучение антимикробной активности. Одним из важных факторов при оценке пробиотического потенциала МКБ является их антагонистическая активность в отношении различных патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [3]. В наших исследованиях антагонистическая активность изучалась к тест – штаммам *E.coli* (Тор 3, Тор 10, МС1610), полученных из национального биоресурсного центра всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) НИЦ «Курчатовский институт». Сила антагонистической активности МКБ оценивалась по следующим критериям: отсутствие активности — 0 мм; слабая активность — до 10 мм; средняя активность — 10–14 мм; высокая активность — 15–20 мм; очень высокая активность — более 20 мм.

Результаты оценки антагонистической активности исследуемых микроорганизмов представлены в таблице 1.

Как показывают данные таблицы, *L. lactis* и *L. brevis* проявляют высокую степень антагонистической активности в отношении всех штаммов *E. coli*. *Lactococcus lactis* демонстрирует очень высокую активность (зона задержки роста > 20 мм)

против штаммов ТОР10 и МС1610. Во всех случаях средние значения диаметра зон превысили 17 мм, что однозначно говорит о высокой антагонистической активности обеих культур. *L. brevis* показывает стабильно высокую активность, наиболее эффективно подавляя рост *E. coli* ТОР3 и ТОР10. По средним значениям антагонистической активности *Lactococcus lactis* превосходит *Lactobacillus brevis*.

Определение устойчивости к pH. Определение устойчивости к pH является обязательным этапом скрининга пробиотических штаммов. Особое значение имеет тестирование выживаемости в кислой среде желудка (pH 1.5–3.5), где микроорганизмы должны сохранять свою функциональность в течение 1–3 часов [20].

Результаты устойчивости к различным значениям pH исследуемых микроорганизмов представлены в таблице 2. Устойчивость МКБ к pH оценивается по уровню $\log_{10}$ КОЕ/мл: > 7,0 — высокая устойчивость; 6,0–7,0 — средняя устойчивость; < 6,0 — слабая устойчивость.

Как видно из таблицы, при pH 2,0 и 8,0 *L. lactis* демонстрирует значительное снижение титра, что указывает на нестабильность штамма в экстремально кислых условиях. Оптимальный уровень выживаемости *L. lactis* показал при pH 6,0.

В то же время *L. brevis* проявляет высокую устойчивость во всем диапазоне pH. Даже при pH 2,0 численность остается на уровне >10⁸ КОЕ/мл. В целом, *L. brevis* превосходит *L. lactis* по устойчивости: при экстремальных значениях pH 2,0 и 8,0 разница достигает 2,3–2,4 log (в 200–240 раз). Таким образом, *L. brevis* является универсально устойчивым к кислотно-щелочным стрессам.

Определение устойчивости к желчи. Устойчивость к желчи – один из ключевых критериев оценки пробиотического потенциала, так желчные кислоты, секретируемые в двенадцатиперстную кишку, растворяют липиды клеточной мембраны бактерий, вызывая разрушение клетки. Известно, что способность штамма выживать и активно расти в присутствии желчи напрямую коррелирует с возможностью закрепляться в кишечнике хозяина. выявления пределов выживаемости и толерантности к желчи оценивался при прост численности штаммов в среде, содержащей высокие концентрации желчи (10–40%), через 3 часа инкубации [3,7].

Результаты устойчивости исследуемых мик-

Таблица 1. Результаты оценки антагонистической активности.

Table 1. Results of the assessment of antagonistic activity.

МО	Диаметр зоны задержки роста, мм		
	<i>E.coli</i> TOP3	<i>E.coli</i> TOP10	<i>E.coli</i> MC1610
<i>Lactococcus lactis</i>	17,5±0,71	21,5±0,71	22,0±2,83
<i>Lactobacillus brevis</i>	19,0±1,41	19,5±0,71	17,5±3,54

Таблица 2. Результаты устойчивости к различным значениям pH.

Table 2. Results of stability at various pH values.

pH	$\log_{10}$ КОЕ/мл <i>L. lactis</i>	$\log_{10}$ КОЕ/мл <i>L. brevis</i>
2,0	5,70 ± 0,64*	8,08 ± 0,21
4,0	6,69 ± 0,91	7,81 ± 0,21
6,0	7,32 ± 0,18	7,67 ± 0,93
8,0	5,51 ± 0,29*	7,81 ± 1,14

* - различия с pH 4,0 и pH 6,0 статистически достоверны (p<0,05)

роорганизмов к различным концентрациям желчи представлены в таблице 3.

Исходя из данных таблицы видно, что *L. lactis* чувствителен к желчи: при повышении концентрации до 40% выживаемость снижалась на 59%. В то же время, *L. brevis* проявил более высокую толерантность к желчи. При концентрации желчи 20% выживаемость незначительно превышает контроль, что, предположительно, связано с адаптационным метаболическим ответом на стрессовые условия [11]. Существенное угнетение роста наблюдается при 40% желчи, где титр бактерий снизился на 81%. Таким образом, *L. brevis* обладает более высокой устойчивостью к желчным кислотам и может быть использован в пробиотических препаратах, тогда как более высокая чувствительность *L. lactis* требует использования защитных капсул.

Определение устойчивости пробиотических штаммов к антибиотикам необходимо для доказательства их безопасности: необходимо исключить наличие мобильных генов резистентности, которые могут быть переданы патогенам кишечника. Кроме того, профиль устойчивости служит видоспецифичным маркером, обосновывающим совместное применение с антибиотиками [3,17]. Для оценки устойчивости пробиотических штам-

мов МКБ к антибиотикам используют следующие значения диаметра зоны задержки роста: чувствительный - >15 мм; умеренно-резистентный - 10–14 мм; резистентный - < 10 мм [17].

Результаты устойчивости к антибиотикам исследуемых микроорганизмов представлены в таблице 4.

Из таблицы видно, что *L. brevis* проявляет выраженную природную устойчивость к большинству антибиотиков, проявляя полную резистентность к оксациллину, цефтизоксиму, стрептомицину, канамицину и ципрофлоксацину, что указывает на наличие механизмов инактивации этих антибиотиков. Умеренная чувствительность отмечена к амоксициллину, амоксиклаву и цефоперазону, где зоны просветления достигают 10,0–10,7 мм. Стоит отметить, что *L. lactis* менее резистентен, чем *L. brevis*, особенно к цефепиму, тетрациклам, макролидам и аминогликозидам.

Таким образом, *L. brevis* — высокорезистентный штамм с множественными механизмами защиты. *L. lactis*, в свою очередь, демонстрирует меньшую резистентность к большинству антибиотиков, что делает его более предсказуемым и значительно уменьшает риск горизонтального переноса генов резистентности.

Определение адгезивных свойств. Способность штамма к адгезии на слизистых оболочках

Таблица 3. Результаты устойчивости к различным концентрациям желчи.

Table 3. Results of resistance to various bile concentrations.

Желчь, %	log ₁₀ КОЕ/мл <i>L. lactis</i>	log ₁₀ КОЕ/мл <i>L. brevis</i>
10	6,69 ± 0,35	7,32 ± 0,23
20	5,62 ± 0,05*	8,43 ± 0,08
30	4,00 ± 0,14*	8,32 ± 0,08
40	3,11 ± 0,07*	5,93 ± 0,23*
Контроль	7,61 ± 0,12	8,34 ± 0,14

* - различия с группой «Контроль» статистически достоверны (p<0,05)

Таблица 4. Результаты устойчивости к антибиотикам.

Table 4. Antibiotic resistance results.

Группа	Антибиотик	Концентрация мкг/мл	Зона просветления, мм	
			<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
Бета-лактамы	Пенициллин	10	5,0±1,00	9,7±0,58
	Амоксициллин	30	10,0±1,00	9,7±1,53
	Ампициллин	10	8,3±0,58	7,0±0,00
	Оксациллин	5	0,0±0,00	6,0±0,00
	Амоксиклав	30	10,7±1,53	11,3±1,15
	Цефалексин	30	8,3±1,15	7,7±0,58
	Цефазолин	30	7,3±1,53	7,7±1,15
	Цефаклор	30	8,7±0,58	7,3±0,58
	Цефуроксим	30	6,7±0,58	9,3±0,31
	Цефоперазон	75	10,0±1,00	10,3±1,53
	Цефтизоксим	30	0,0±0,00	11,0±1,00
	Цефтриаксон	30	9,0±0,00	12,3±0,58
Макролиды	Цефепим	30	2,3±1,08	13,7±0,58
	Эритромицин	15	8,7±0,58	11,0±1,00
Аминогликозиды	Азитромицин	30	6,7±0,58	10,7±0,58
	Стрептомицин	10	0,0±0,00	7,0±1,73
Тетрациклины	Гентамицин	10	6,3±0,58	10,0±1,00
	Канамицин	30	0,0±0,00	9,0±1,00
Линкозамиды	Доксициклин	30	7,3±0,58	12,7±0,58
Хлорамфениколы	Линкомицин	15	8,0±1,00	11,3±1,08
Рифамицины	Левомецетин	10	9,0±0,00	7,3±1,53
Фторхинолоны	Рифампицин	5	11,3±1,15	3,3±1,06
	Ципрофлоксацин	5	0,0±0,00	7,7±0,58

Таблица 5. Результаты оценки адгезивных свойств.
Table 5. Results of the evaluation of adhesive properties.

Штамм	Активность аутоагрегации, %	Гидрофобность клеточной поверхности (трихлорметан), %	Способность к образованию биопленки
<i>L. brevis</i>	41,46±1,01	98,92±0,40	слабая (ОП ₆₀₀ =0,052, контроль 0,038)
<i>L. lactis</i>	86,04±1,42	97,42±0,70	умеренная (ОП ₆₀₀ =0,187, контроль 0,058)

кишечника обеспечивает колонизацию, конкурентное исключение патогенов и модуляцию иммунного ответа хозяина [4,7,9]. Адгезивные свойства выделенных штаммов оценивали по активности аутоагрегации, гидрофобности клеточной поверхности и способности к образованию биоплёнок (см. таблица 5).

Исходя из данных таблицы установлено, что у *L. brevis* показатель аутоагрегации составил 41,5 %, тогда как у *L. lactis* достигал 86,0 %. В литературе отсутствуют строго установленные критерии “оптимального” диапазона аутоагрегации: значения варьируют от 8 до 90% [8,11]. Хотя чрезмерно высокая аутоагрегация (более 80 %) теоретически может ускорять выведение бактерий из кишечника, в большинстве исследований это рассматривается как положительный признак [14,18]. Таким образом, *L. brevis* демонстрирует умеренную аутоагрегацию, в то время как *L. lactis* проявляет высокую активность, что требует дополнительной проверки *in vivo*.

Кроме того, оба штамма показали экстремально высокие значения гидрофобности по отношению к трихлорметану: 98,9% у *L. brevis* и 97,4% у *L. lactis*, что значительно превышает общепринятое значение 15% и свидетельствует о высоком адгезивном потенциале [8,11].

Также установлено, что *L. brevis* обладает слабой способностью к формированию биоплёнки (ОП₆₀₀=0,052), тогда как *L. lactis* проявляет умеренную способность (ОП₆₀₀=0,187). Важно отметить, что способность к биоплёнкообразованию

не всегда коррелирует с гидрофобностью и аутоагрегацией, что позволяет предположить у *L. brevis* наличие альтернативных механизмов адгезии, компенсирующих низкую биоплёнкообразующую активность.

Таким образом, комплексная оценка адгезивных характеристик *in vitro* показывает, что оба выделенных штамма обладают выраженным потенциалом к колонизации кишечного эпителия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из образца творожной сыворотки были успешно изолированы два вида молочнокислых бактерий - *Lactobacillus brevis* и *Lactococcus lactis*. Оба штамма проявили выраженные пробиотические свойства, однако их профили существенно различаются, что позволяет рассматривать их как взаимодополняющие организмы.

Таким образом, исследование подтвердило, творожная сыворотка является ценным источником новых пробиотических штаммов с уникальными характеристиками. Полученные данные свидетельствуют о том, что *Lactococcus lactis* и *Lactobacillus brevis* могут быть использованы для создания пробиотических препаратов для животноводства, особенно в составе мультиштаммовых пробиотиков в сочетании с защитными технологиями (например, микрокапсулирование). *Lactobacillus brevis* благодаря исключительной устойчивости к условиям ЖКТ является наиболее перспективным кандидатом для создания пробиотиков, предназначенных для применения без дополнительных защитных покрытий.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FZGW-2026-0001).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Food Industry. Foods. 2023 Jul 27;12(15):2850. doi: 10.3390/foods12152850. PMID: 37569118; PMCID: PMC10417365.
2. Abedin M.M., Chourasia R., Phukon L.C., Sarkar P., Ray R.C., Singh S.P., Rai A.K. Lactic acid bacteria in the functional food industry: biotechnological properties and potential applications. Crit Rev Food Sci Nutr. 2024;64(29):10730-10748. doi: 10.1080/10408398.2023.2227896. Epub 2023 Jul 5. PMID: 37405373.
3. Begunova A.V., Savinova O.S., Rozhkova I.V., Krysanova Yu.I., Fedorova T.V. Evaluation of the probiotic potential and functional properties of *Lactobacillus reuteri* lrl1 *in vitro*. Applied Biochemistry and Microbiology. 2020;56(5): 472–482. (in Russ.).
4. Castro-López C., García H.S., Martínez-Ávila G.C.G., González-Córdova A.F., Vallejo-Cordoba B., Hernández-Mendoza A. Genomics-based approaches to identify and predict the health-promoting and safety activities of promising probiotic strains – A probiogenomics review. Trends in Food Science & Technology. 2021; 108:148-163. DOI 10.1016/j.tifs.2020.12.017
5. Chopada K., Basaiawmoit B., Sakure A.A., Maurya R., Bishnoi M., Kondepudi K.K., Solanki D., Singh B.P., Padhi S., Rai A.K., Liu Z., Mishra B.K., Hati S. Purification and Characterization of Novel Antihypertensive and Antioxidative Peptides From Whey Protein Fermentate: *In Vitro*, *In Silico*, and Molecular Interactions Studies. J Am Nutr Assoc. 2023;42(6):598-617. doi: 10.1080/27697061.2022.2110966. Epub 2022 Nov 23. PMID: 36416542.
6. Goel R., Goyal R., Moria T., Arora R., Sarangi P.K., Chandel A.K. Understanding of the interaction of *Lactobacillus* in fermented food and beverages: targeting food safety and new foods. Front. Ind. Microbiol. 2026 4:1846356. doi: 10.3389/finmi.2026.1846356
7. Klimko A.I., Cherdyntseva T.A., Brioukhanov A.L. et al. *In Vitro* Evaluation of Probiotic Potential of Se-

lected Lactic Acid Bacteria Strains. Probiotics & Antimicro. Prot. 2020;12: 1139–1148. doi.org/10.1007/s12602-019-09599-6

8. Liu Y., Wang J., Zheng H., Xin J., Zhong Z., Liu H., Fu H., Zhou Z., Qiu X., Peng G. Multi-functional properties of lactic acid bacteria strains derived from canine feces. Front. Vet. Sci. 2024; 11:1404580. doi: 10.3389/fvets.2024.1404580

9. Merenstein D., Pot B., Leyer G., Ouwehand A.C., Preidis G.A., Elkins C.A., Hill C., Lewis Z.T., Shane A.L., Zmora N., Petrova M.I., Collado M.C., Morelli L., Montoya G.A., Szajewska H., Tancredi D.J., Sanders M.E. Emerging issues in probiotic safety: 2023 perspectives. Gut Microbes. 2023 Jan-Dec;15(1):2185034. doi: 10.1080/19490976.2023.2185034. PMID: 36919522; PMCID: PMC10026873.

10. Rai R., Tamang J.P. *In vitro* and genetic screening of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented cow-milk and yak-milk products of Sikkim, India. World J Microbiol Biotechnol. 2022 Jan 6;38(2):25. doi: 10.1007/s11274-021-03215-y. PMID: 34989904.

11. Wang X., Cao Z., Zhang M., Meng L., Ming Z., Liu J. Bioinspired oral delivery of gut microbiota by self-coating with biofilms. Sci Adv. 2020; 6:eabb1952. doi: 10.1126/sciadv.abb1952

12. Иванов Д.Н., Филатов А.В. Оценка влияния пробиотического комплекса «ЛикваФид» на производственные показатели свиноматок. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2024;(4):121-124. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2024.4.121>

13. Зверева О.В., Кузнецова Ю.П., Вострикова А.С. и др. Идентификация и пробиотические свойства лактобактерий из кишечника цыплят-бройлеров. Международный вестник ветеринарии. 2025;3:152-163. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.152

14. Карпенко Л.Ю., Сидорова Н.А., Бахта А.А., Савушкин А.И., Полистовская П.А., Никонов И.Н., Балькина А.Б. Оценка гематологических показателей радужной форели при введении в рацион пробиотических препаратов. Международный вестник ветеринарии. 2025;(1):271-277. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.1.271>

15. Концевая И.И. Микробиология: культивирование и рост бактерий: практическое пособие. Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины. 2025: 45 с.

16. Николаев С.В., Филатов А.В., Бессолицына Е.А. Характеристика микробиома кишечника у телят при диарее. Международный вестник ветеринарии. 2025;(2):12-19. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.2.12>

17. ОФС.1.7.2.0009.15 Определение специфической активности пробиотиков : общая фармакопейная статья : утверждена приказом Минздрава России от 31.10.2018 № 749. Государственная фармакопея Российской Федерации. - XIV изд. - Т. II [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennaya-farmakopeya/2/ofs_1_7_2_0009_15_obshchaya_farmakopeynaya_s_tatya.html (дата обращения 30.09.2026)

18. Пименов Н.В., Смирнова Е.А., Иванникова Р.Ф. Зарубежный исследовательский опыт влияния пробиотических средств на кишечный микробиом сельскохозяйственной птицы. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023;(1):104-108. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.104>

19. Ришко О.А., Прусаков А.В., Яшин А.В. Влияние пробиотических добавок «Гидролактив» и «Мультибактерин» в составе схем лечения и профилактики желудочно-кишечных заболеваний телят на уровень белкового обмена. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023;(3):70-75. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.3.70>

20. Стоянова Л.Г. Выделение и идентификация молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis subsp. Lactis* с антимикробным действием. Известия ТСХА. 2017;5:41-61. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-i-identifikatsiya-molochnokislyh-bakteriy-lactococcus-lactis-subsp-lactis-s-antimikrobnym-deystviem> (дата обращения 30.09.2026)

REFERENCES

1. Food Industry. Foods. 2023 Jul 27;12(15):2850. doi: 10.3390/foods12152850. PMID: 37569118; PMCID: PMC10417365.

2. Abedin M.M., Chourasia R., Phukon L.C., Sarkar P., Ray R.C., Singh S.P., Rai A.K. Lactic acid bacteria in the functional food industry: biotechnological properties and potential applications. Crit Rev Food Sci Nutr. 2024;64(29):10730-10748. doi: 10.1080/10408398.2023.2227896. Epub 2023 Jul 5. PMID: 37405373.

3. Begunova A.V., Savinova O.S., Rozhkova I.V., Krysanova Yu.I., Fedorova T.V. Evaluation of the probiotic potential and functional properties of *Lactobacillus reuteri* Lr1 *in vitro*. Applied Biochemistry and Microbiology. 2020;56(5): 472–482.

4. Castro-López C., García H.S., Martínez-Ávila G.C.G., González-Córdova A.F., Vallejo-Cordoba B., Hernández-Mendoza A. Genomics-based approaches to identify and predict the health-promoting and safety activities of promising probiotic strains – A probiogenomics review. Trends in Food Science & Technology. 2021; 108:148-163. DOI 10.1016/j.tifs.2020.12.017

5. Chopada K., Basaiawmoit B., Sakure A.A., Maurya R., Bishnoi M., Kondepudi K.K., Solanki D., Singh B.P., Padhi S., Rai A.K., Liu Z., Mishra B.K., Hati S. Purification and Characterization of Novel Antihypertensive and Antioxidative Peptides From Whey Protein Fermentate: *In Vitro*, *In Silico*, and Molecular Interactions Studies. J Am Nutr Assoc. 2023;42(6):598-617. doi: 10.1080/27697061.2022.2110966. Epub 2022 Nov 23. PMID: 36416542.

6. Goel R., Goyal R., Moria T., Arora R., Sarangi P.K., Chandel A.K. Understanding of the interaction of Lac-

- tobacillus in fermented food and beverages: targeting food safety and new foods. *Front. Ind. Microbiol.* 2026 4:1846356. doi: 10.3389/finmi.2026.1846356
7. Klimko A.I., Cherdyntseva T.A., Brioukhanov A.L. et al. *In Vitro* Evaluation of Probiotic Potential of Selected Lactic Acid Bacteria Strains. *Probiotics & Antimicro. Prot.* 2020;12: 1139–1148. doi.org/10.1007/s12602-019-09599-6
8. Liu Y., Wang J., Zheng H., Xin J., Zhong Z., Liu H., Fu H., Zhou Z., Qiu X., Peng G. Multi-functional properties of lactic acid bacteria strains derived from canine feces. *Front. Vet. Sci.* 2024; 11:1404580. doi: 10.3389/fvets.2024.1404580
9. Merenstein D., Pot B., Leyer G., Ouwehand A.C., Preidis G.A., Elkins C.A., Hill C., Lewis Z.T., Shane A.L., Zmora N., Petrova M.I., Collado M.C., Morelli L., Montoya G.A., Szajewska H., Tancredi D.J., Sanders M.E. Emerging issues in probiotic safety: 2023 perspectives. *Gut Microbes.* 2023 Jan-Dec;15(1):2185034. doi: 10.1080/19490976.2023.2185034. PMID: 36919522; PMCID: PMC10026873.
10. Rai R., Tamang J.P. *In vitro* and genetic screening of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented cow-milk and yak-milk products of Sikkim, India. *World J Microbiol Biotechnol.* 2022 Jan 6;38(2):25. doi: 10.1007/s11274-021-03215-y. PMID: 34989904.
11. Wang X., Cao Z., Zhang M., Meng L., Ming Z., Liu J. Bioinspired oral delivery of gut microbiota by self-coating with biofilms. *Sci Adv.* 2020; 6:eabb1952. doi: 10.1126/sciadv.abb1952
12. Ivanov D.N., Filatov A.V. Assessment of the impact of the "LiquaFeed" probiotic complex on sow production performance. *Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine.* 2024;(4):121-124. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2024.4.121>
13. Zvereva O.V., Kuznetsova Yu.P., Vostrikova A.S., et al. Identification and probiotic properties of lactobacilli from the intestines of broiler chickens. *International Veterinary Bulletin.* 2025;3:152-163. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.152
14. Karpenko L.Yu., Sidorova N.A., Bakhta A.A., Savushkin A.I., Polistovskaya P.A., Nikonov I.N., Balykina A.B. Assessment of hematological parameters in rainbow trout upon dietary supplementation with probiotic preparations. *International Veterinary Bulletin.* 2025;(1):271-277. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.1.271>
15. Kontsevaya I.I. *Microbiology: Bacterial Cultivation and Growth: A Practical Guide.* Francisk Skorina Gomel State University. Gomel: Francisk Skorina Gomel State University. 2025: 45 p. (in Russ)
16. Nikolaev S.V., Filatov A.V., Bessolitsyna E.A. Characterization of the gut microbiome in calves with diarrhea. *International Veterinary Bulletin.* 2025;(2):12-19. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.2.12>
17. OFS.1.7.2.0009.15 Determination of the specific activity of probiotics: General Pharmacopoeial Monograph: approved by Order of the Ministry of Health of Russia No. 749 dated October 31, 2018. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. – 14th ed. – Vol. II [September 25, 2026]. (in Russ) Access mode: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennaya-farmakopeya/2/ofis_1_7_2_0009_15_obshchaya_farmakopeynaya_statya.html
18. Pimenov N.V., Smirnova E.A., Ivannikova R.F. Foreign research experience regarding the influence of probiotic agents on the gut microbiome of poultry. *Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine.* 2023;(1):104-108. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.104>
19. Rishko O.A., Prusakov A.V., Yashin A.V. Influence of the probiotic supplements "Hydrolactiv" and "Multibacterin"—as part of treatment and prevention regimens for gastrointestinal diseases in calves—on protein metabolism levels. *Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine.* 2023;(3):70-75. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.3.70>
20. Stoyanova L.G. Isolation and identification of lactic acid bacteria *Lactococcus lactis subsp. lactis* with antimicrobial activity. *Izvestiya TSKhA.* 2017;5:41-61. [September 25, 2026]. (in Russ) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/vydelenie-i-identifikatsiya-molochnokislyh-bakteriy-lactococcus-lactis-subsp-lactis-s-antimikrobnym-deystviem>

Поступила в редакцию / Received: 23.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 05.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

МОРФОЛОГИЯ КРОВИ СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ ПРИ ГЕНИТАЛЬНОМ МИКОПЛАЗМОЗЕ**Роман Михайлович Васильев^{1✉}**¹*Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация*
¹*канд. ветеринар. наук, доц., email: rmvpcrvet@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-0693-3050***РЕФЕРАТ**

Важным направлением в укреплении продовольственной безопасности страны является развитие животноводства, как элемента обеспечения населения качественными молочными и мясными продуктами. Реализация этой задачи тесно связана с систематическим контролем за состоянием здоровья животных, своевременной диагностикой и лечением заболеваний. Основной задачей проведенного эксперимента стало изучение изменений морфологического состава крови у сухостойных коров с генитальным микоплазмозом для оценки степени потенциального влияния на организм плода и течение неонатального периода, а также разработка методов корректирующей терапии. В ходе эксперимента было установлено, что генитальный микоплазмоз у сухостойных коров приводит к ряду изменений в морфологическом составе крови: снижение гемоглобина, гематокрита и средней концентрации гемоглобина в эритроците, а также ускорение СОЭ и лейкопении. Изменения выявленные со стороны эритроцитов и связанных с ними показателей способствуют ухудшению трофики плода в период беременности, а лейкопения увеличивает риски его инфицирования и прерывания беременности. В совокупности отмеченные факторы могут приводить к снижению массы тела телят при рождении и негативно сказываться на последующем ее приросте.

Ключевые слова: кровы, генитальный микоплазмоз, эритроциты, лейкоциты, гематокрит, гемоглобин, СОЭ.

Для цитирования: Васильев Р.М. Морфология крови сухостойных коров при генитальном микоплазмозе. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:65-68. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.65>

MORPHOLOGY OF BLOOD OF DRY COWS WITH GENITAL MYCOPLASMOSIS**Roman M. Vasiliev^{1✉}**¹*Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation*¹*Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, email: rmvpcrvet@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-0693-3050***ABSTRACT**

An important direction in strengthening the country's food security is the development of animal husbandry as an element of providing the population with high-quality dairy and meat products. The implementation of this task is closely related to the systematic monitoring of animal health, timely diagnosis and treatment of diseases. The main objective of the experiment was to study changes in the morphological composition of blood in dry cows with genital mycoplasmosis to assess the degree of potential effects on the fetus and the neonatal period, as well as to develop methods of corrective therapy. During the experiment, it was found that genital mycoplasmosis in dry cows leads to a number of changes in the morphological composition of the blood: a decrease in hemoglobin, hematocrit, and average hemoglobin concentration in the red blood cell, as well as an acceleration of ESR and leukopenia. Changes in red blood cells and related parameters contribute to the deterioration of fetal trophism during pregnancy, and leukopenia increases the risk of infection and termination of pregnancy. Taken together, these factors can lead to a decrease in the body weight of calves at birth and negatively affect its subsequent growth.

Key words: blood supply, genital mycoplasmosis, erythrocytes, leukocytes, hematocrit, hemoglobin, ESR.

For citation: Vasiliev R.M. Morphology of blood of dry cows with genital mycoplasmosis. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:65-68. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.65>

ВВЕДЕНИЕ

Состояние здоровья беременных самок в значительной степени определяет получение от них здорового и жизнеспособного потомства с хорошими характеристиками продуктивности, что является важным элементом реализации программы продовольственной безопасности страны [1]. Любые заболевания самок во время беременности оказывают негативное влияние и на организм плода, степень которого зависит от тяжести и продолжительности течения болезни [2]. Особое внимание следует обращать на группу заболеваний, отличающихся длительным периодом

субклинического течения, так как до постановки диагноза в организме животного успевают произойти существенные морфофункциональные перестройки. К таким заболеваниям относится и генитальный микоплазмоз крупного рогатого скота [3]. В последние десятилетия изучение данного заболевания активизировалось, как у нас в стране, так и за рубежом [4, 5].

Морфологический состав крови играет важную роль в обеспечении органов и тканей организма кислородом, удалении из них углекислого газа, реализации иммунных реакций и системе гемостаза [6]. Во время беременности нагрузка

как на весь организм, так и на систему крови, существенно возрастает. При отсутствии компенсаторного резерва у системы крови, обусловленного заболеванием, течение беременности у самок сопровождается рядом дисфункций, оказывающих негативное влияние на плод. Так, на фоне анемии у стельных коров наблюдается нарушение плацентарного кровотока, гипоксия, дефицит пластического материала и метаболические изменения [7]. В результате этого нарушается транспортная, трофическая и эндокринная функция плаценты, что ограничивает поступление кислорода и питательных веществ к плоду. Недостаток гемоглобина в крови коров снижает транспорт кислорода к плоду, вызывая хроническую гипоксию, что ведет к задержке внутриутробного развития и риску преждевременных родов. Лейкопения у беременных самок ослабляет иммунный ответ, что повышает риск возникновения инфекционных заболеваний, которые негативно влияют на плод, путем проникновения микроорганизмов, вирусов и воспалительных цитокинов в амниотическую жидкость [8]. Помимо этого, на фоне лейкопении происходит обострение имеющихся хронических заболеваний у стельных коров. В результате у новорожденных телят наблюдают более низкую массу тела при рождении, умеренную анемию, снижение иммунного статуса, а в последующем замедление набора веса и более высокую восприимчивость к заболеваниям [9]. В совокупности, перечисленные факторы, наносят ощутимый экономический ущерб животноводческой отрасли.

Исходя из сказанного выше, целью наших исследований стало изучение изменений морфологического состава крови у сухостойных коров с генитальным микоплазмозом для оценки степени потенциального влияния на организм плода и течение неонатального периода, а также оценка возможности проведения корректирующей терапии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе ЗАО «Осьминское» Ленинградской области. Для проведения эксперимента из сухостойных коров были сформированы две группы по 9 голов в каждой: первая - коровы с генитальным микоплазмозом, вторая - клинически здоровые коровы. Распределение коров по группам осуществлялось на основании исследования цитопрепарата с верхнего свода влагалища на *Mycoplasma spp.* методом ПЦР с электрофоретической детекцией с применением набора реагентов МИК-КОМ производ-

ства ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. При дальнейшей серологической идентификацией в РНГА обнаружена *M. bovis genitalium*.

У коров всех групп получали кровь из яремной вены в вакуумные пробирки с антикоагулянтом ЭДТА. В крови проводили подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов, определение содержания гемоглобина, корпускулярного объема и среднего содержания гемоглобина в эритроците с применением гематологического анализатора; определение скорости оседания эритроцитов по методу Панченкова, определение уровня гематокрита с применением гематокритной центрифуги. Для оценки изменения размеров и формы эритроцитов делали мазок крови и окрашивали его по методу Май-Грюнвальда. Полученный цифровой материал статистически обработан с применением компьютерной программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе эксперимента данные сгруппированы в таблице 1.

Данные таблицы демонстрируют, что количество эритроцитов в крови больных генитальным микоплазмозом коров было несколько ниже, чем у клинически здоровых, но изменения оказались статистически недостоверными, что указывает на незначительное влияние заболевания на продукцию эритроцитов костным мозгом. Напротив, количество лейкоцитов у инфицированных животных оказалось достоверно ниже на 9,9%, чем у здоровых, и, вероятнее всего, является отражением угнетающего действия микоплазменных метаболитов на лейкопоэз [10].

Что касается содержания гемоглобина, то у коров с генитальным микоплазмозом наблюдалось достоверное его снижение данного показателя на 10,1% по отношению к клинически здоровым. Наряду с этим, также наблюдалось и достоверное снижение средней концентрации гемоглобина в эритроците у инфицированных коров на 8,4%. При этом достоверного изменения корпускулярного объема эритроцитов не наблюдалось. Отмеченные изменения указывают на то, что микоплазмы оказывают умеренное угнетающее действие на процесс синтеза гемоглобина и насыщение им эритроцитов, но не оказывают влияние на процесс формирования клеток в костном мозге. Сравнительное изучение мазка крови показало отсутствие изменений формы и размеров эритроцитов у коров обеих экспериментальных групп.

Уровень гематокрита у клинически здоровых

Таблица 1. Морфологический состав крови здоровых и больных микоплазмозом сухостойных коров.
Table 1. Morphological composition of the blood of healthy and dry cows with mycoplasmosis.

Показатели	Генитальный микоплазмоз	Клинически здоровые
Эритроциты, $10^{12}/л$	$6,05 \pm 0,09$	$6,25 \pm 0,11$
Лейкоциты, $10^9/л$	$7,93 \pm 0,15$	$8,8 \pm 0,19^{**}$
Гемоглобин, г/л	$99,1 \pm 1,71$	$110,2 \pm 3,67^{**}$
Корпускулярный объем, фл	$41,56 \pm 1,07$	$44,89 \pm 1,99$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, пг	$16,11 \pm 0,15$	$17,59 \pm 0,29^{**}$
Гематокрит, %	$30,33 \pm 0,86$	$34,22 \pm 1,23^{*}$
СОЭ, мм/час	$1,28 \pm 0,17$	$0,76 \pm 0,13^{*}$

* - указан уровень достоверности при сравнении показателей здоровых и больных животных (* - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$)

коров составлял $34,22 \pm 1,23\%$, тогда как у животных с генитальным микоплазмозом он оказался на $11,4\%$ ниже ($P < 0,05$). В значительной степени это является совокупным отражением незначительного снижения числа эритроцитов и меньшего корпускулярного объема их у инфицированных самок.

Изучение скорости оседания эритроцитов указывает на ее повышение у коров с микоплазмозом по отношению к клинически здоровым на $40,6\%$ ($P < 0,05$). Следует отметить, что у обеих экспериментальных групп данный показатель не выходил за пределы референсных значений для крупного рогатого скота. Вероятной причиной этого может являться избыточное образование циркулирующих иммунных комплексов, часто наблюдаемое при микоплазмозе, фиксирующихся на мембранах эритроцитов и увеличивающих их массу [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе эксперимента,

демонстрируют, что генитальный микоплазмоз у сухостойных коров приводит к ряду изменений в морфологическом составе крови. У инфицированных животных отмечают достоверное снижение гемоглобина, гематокрита и средней концентрации гемоглобина в эритроците, а также ускорение СОЭ и лейкопению. Изменения выявленные со стороны эритроцитов и связанных с ними показателей способствуют ухудшению трофики плода в период беременности, а лейкопения увеличивает риски его инфицирования и прерывания беременности. В совокупности отмеченные факторы могут приводить к снижению массы тела телят при рождении и негативно сказываться на последующем ее приросте, а также восприимчивости молодняка к заболеваниям в постнатальный период. Выявленные отклонения в морфологическом составе крови необходимо учитывать при разработке комплексной терапии коров с генитальным микоплазмозом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гончарова О.Ю., Чернушкова К.Г. Продовольственная безопасность современной России: проблемы и пути их решения. Вестник евразийской науки. 2022;14(5):22-30. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://esj.today/PDF/20ECVN522.pdf> (дата обращения 30.09.2026)
2. Petzold M., Meyer U., Kersten S. et al. Feeding conjugated linoleic acids and various concentrate proportions to late pregnant cows and its consequence on blood metabolites of calves. *Livestock Science*. 2014;161:95-100. doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.024
3. Васильев Р.М. Роль хламидийной и микоплазменной инфекции в этиологии бесплодия у крупного рогатого скота. *Международный вестник ветеринарии*. 2008;3:15-16.
4. Алхуссен М.А., Нестеров А.А., Кирпиченко В.В. и др. Распространение микоплазмозов крупного рогатого скота на животноводческих фермах в Российской Федерации в период с 2015 по 2018 год. *Ветеринария сегодня*. 2020;2(33):102-108.
5. Petit T., Spengler J., Rosengarten R. Prevalence of Chlamydiaceae and Mollicutes on the genital mucosa and serological findings in dairy cattle. *Veterinary Microbiology*. 2008;127(3-4):325-333.
6. Ковалев С.П., Туварджиев А.В., Коноплев В.А., Васильев Р.М. Основы клинической ветеринарной гематологии : учебное пособие для вузов. 2-е издание, стереотипное. Санкт-Петербург : Издательство "Лань". 2023:120 с. ISBN 978-5-507-47198-0.
7. Сенчук, И.В., Пересичан Е.Д. Результаты диспансеризации коров. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2023;35 (198):205-216.
8. Foley G.L., Schlafer D.H., Elsasser T.H., Mitchell M. Endotoxemia in pregnant cows: Comparisons of maternal and fetal effects utilizing the chronically catheterized fetus. *Theriogenology*. 1993;39(3): 739-762. doi.org/10.1016/0093-691X(93)90258-7
9. Lucy M.C., Evans T.J., Poock S.E. Lymphocytic foci in the endometrium of pregnant dairy cows: Characterization and association with reduced placental weight and embryonic loss. *Theriogenology*. 2016;86(7): 1711-1719. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.030
10. Васильев Р.М. Влияние сочетанного применения тулатромицина и тималина при генитальном микоплазмозе у коров на показатели клеточного иммунитета. *Международный вестник ветеринарии*. 2023;3:300-306. DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.3.300
11. Wu Q., Martin R.J., Rino J.G., Breed R. IL-23-dependent IL-17 production is essential in neutrophil recruitment and activity in mouse lung defense against respiratory *Mycoplasma pneumoniae* infection. *Microbes Infect*. 2007;9:78-86. doi: 10.1016/j.micinf.2006.10.012

REFERENCES

- Goncharova O.Yu., Chernushkova K.G. Food security in modern Russia: problems and solutions. *The Eurasian Scientific Journal*. 2022;14(5):22-30. [September 25, 2026] (in Russ) Available at: <https://esj.today/PDF/20ECVN522.pdf>
1. Petzold M., Meyer U., Kersten S. et al. Feeding conjugated linoleic acids and various concentrate proportions to late pregnant cows and its consequence on blood metabolites of calves. *Livestock Science*. 2014;161:95-100. doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.024
 2. Vasiliev R.M. The role of chlamydial and mycoplasmal infections in the etiology of infertility in cattle. *International Veterinary Bulletin*. 2008;3:15-16. (in Russ)
 3. Alhussen M.A., Nesterov A.A., Kirpichenko V.V. et al. Prevalence of bovine mycoplasmoses on livestock farms in the Russian Federation from 2015 to 2018. *Veterinary Medicine Today*. 2020;2(33):102-108. (in Russ)
 4. Petit T., Spengler J., Aurich J., Rosengarten R. Prevalence of Chlamydiaceae and Mollicutes on the genital mucosa and serological findings in dairy cattle. *Veterinary Microbiology*. 2008;127(3-4):325-333.

5. Kovalev S.P., Tuvardzhiev A.V., Konoplev V.A., Vasiliev R.M. Fundamentals of Clinical Veterinary Hematology: A Textbook for Higher Education Institutions. 2nd Edition (reprint). St. Petersburg: Lan Publishing House. 2023:120 p. (in Russ) ISBN 978-5-507-47198-0.
6. Senchuk I.V., Peresichan E.D. Results of health screening in cows. Bulletin of Agricultural Science of Taurida. 2023;35(198):205-216. (in Russ)
7. Foley G.L., Schlafer D.H., Elsasser T.H., Mitchell M. Endotoxemia in pregnant cows: Comparisons of maternal and fetal effects utilizing the chronically catheterized fetus. Theriogenology. 1993;39(3):739-762. doi.org/10.1016/0093-691X(93)90258-7
8. Lucy M.C., Evans T.J., Pooock S.E. Lymphocytic foci in the endometrium of pregnant dairy cows: Characterization and association with reduced placental weight and embryonic loss. Theriogenology. 2016;86(7):1711-1719. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.030
9. Vasiliev R.M. Effect of the combined use of tulathromycin and thymalin on cellular immunity parameters in cows with genital mycoplasmosis. International Veterinary Bulletin. 2023;3:300-306. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.3.300
10. Wu Q., Martin R.J., Rino J.G., Breed R. IL-23-dependent IL-17 production is essential in neutrophil recruitment and activity in mouse lung defense against respiratory *Mycoplasma pneumoniae* infection. Microbes Infect. 2007;9:78-86. doi: 10.1016/j.micinf.2006.10.012

Поступила в редакцию / Received: 15.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.06.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.
Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО БРОНХИТА КУР

Константин Юрьевич Дмитриев¹, Анна Николаевна Семина^{2✉}

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (ВНИВИП) – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» (ФНЦ «ВНИТИП»), Российская Федерация

¹канд.ветеринар.наук, старший научный сотрудник, orcid.org/0000-0001-9741-3247

²канд.ветеринар. наук, ведущий научный сотрудник, email: anna14.05@mail.ru, orcid.org/0000-0001-7641-9105

РЕФЕРАТ

Коронавирусы представляют собой семейство оболочечных вирусов с одноцепочечным РНК-геномом положительной полярности размером от 26 до 36 тыс. пар оснований. Их отличительной особенностью является способность к синтезу «вложенных» субгеномных РНК, что обеспечивает экспрессию генов в отсутствие классических промоторов. Возбудитель инфекционного бронхита кур (ИБК) относится к гаммакоронавирусам и вызывает высококонтагиозное заболевание, поражающее респираторную, репродуктивную и мочевыделительную системы. Заболеваемость достигает 100%, смертность в осложнённых случаях – до 60%. Геном вируса ИБК организован по схеме 5'UTR-1a/1ab-S-3a-3b-E-M-5a-5b-N-3'UTR. Большую его часть занимают открытые рамки считывания ORF1a и ORF1b, транслирующиеся в полипротеины pp1a и pp1ab. В результате протеолитического расщепления образуются 16 неструктурных белков (nsp1–nsp16), формирующих репликативно-транскрипционный комплекс. Ключевые функции комплекса включают РНК-зависимую РНК-полимеразную активность (nsp12), хеликазную активность (nsp13), коррекцию ошибок (nsp14), подавление иммунного ответа (nsp3, nsp15) и кэпирование транскриптов (nsp16). Вторая часть генома кодирует структурные белки S, M, E и N. Генетическое разнообразие вируса ИБК обусловлено мутациями (точечные замены, делеции, инсерции) и рекомбинацией по механизму «выбора копии». Переключение матрицы происходит в участках транскрипционно-регуляторных последовательностей (TRS), обеспечивая синтез субгеномных мРНК. Побочным следствием этого процесса является рекомбинация между разными геномами при коинфекции. Горячие точки рекомбинации выявлены в генах nsp2, nsp3, nsp8, nsp12 и в гене S-белка, что может влиять на патогенность и способность вируса уклоняться от иммунитета.

Ключевые слова: РНК-вирусы, коронавирусы, инфекционный бронхит кур, вирус ИБК, генетическая изменчивость, рекомбинация, мутации, структурные белки.

Для цитирования: Дмитриев К.Ю., Семина А.Н. Молекулярно-биологические основы генетической изменчивости вируса инфекционного бронхита кур. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:69-73. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.69>

MOLECULAR AND BIOLOGICAL BASIS OF GENETIC VARIABILITY OF THE INFECTIOUS BRONCHITIS VIRUS IN CHICKENS

Konstantin Yu. Dmitriev¹, Anna N. Semina^{2✉}

^{1,2}All-Russian Veterinary Research Institute of Poultry Science (VNIVIP) – Branch of the Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Science" (FSC "VNITIP"), Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, orcid.org/0000-0001-9741-3247

²Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher, email: anna14.05@mail.ru, orcid.org/0000-0001-7641-9105

ABSTRACT

Coronaviruses are a family of enveloped viruses with a single-stranded positive-sense RNA genome ranging from 26 to 36 thousand base pairs in length. Their distinctive feature is the ability to synthesize "nested" subgenomic RNAs, which ensures gene expression in the absence of classical promoters. The causative agent of infectious bronchitis virus (IBV) belongs to the gammacoronaviruses and causes a highly contagious disease affecting the respiratory, reproductive, and urinary systems. Morbidity reaches 100%, and mortality in complicated cases can be up to 60%. The IBV genome is organized according to the scheme 5'UTR-1a/1ab-S-3a-3b-E-M-5a-5b-N-3'UTR. The major part of the genome is occupied by open reading frames ORF1a and ORF1b, which are translated into polyproteins pp1a and pp1ab. Proteolytic cleavage results in the formation of 16 non-structural proteins (nsp1–nsp16) that assemble into the replicase-transcriptase complex. Key functions of the complex include RNA-dependent RNA polymerase activity (nsp12), helicase activity (nsp13), error correction (nsp14), immune response suppression (nsp3, nsp15), and transcript capping (nsp16). The second part of the genome encodes structural proteins S, M, E, and N. Genetic diversity of IBV is driven by mutations (point substitutions, deletions, insertions) and recombination via the copy-choice mechanism. Template switching occurs at transcription-regulatory sequences (TRS), ensuring the synthesis of subgenomic mRNAs. A side consequence of this process is recombination between different genomes during coinfection. Recombination hotspots have been identified in the genes encoding nsp2, nsp3, nsp8, nsp12, and in the S protein gene, which may affect pathogenicity and the virus's ability to evade immunity.

Key words: RNA-viruses, coronaviruses, infectious bronchitis of chickens, IBV virus, genetic variability, recombination, mutations, structural proteins.

For citation: Dmitriev K.Yu., Semina A.N. Molecular and biological basis of genetic variability of the infectious bronchitis virus in chicken. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:69-73. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.69>

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционный бронхит кур (ИБК) остаётся одним из наиболее экономически значимых заболеваний в промышленном птицеводстве. Основной причиной этого является исключительная генетическая изменчивость возбудителя. Высокая частота мутаций и рекомбинаций, присущая вирусу ИБК, приводит к постоянному появлению новых генотипов и серотипов, способных преодолевать иммунитет, сформированный против ранее циркулировавших штаммов. Это создаёт серьёзные трудности для специфической профилактики и диктует необходимость постоянного мониторинга циркулирующих вариантов [1, 2].

Целью настоящего обзора является систематизация современных данных о молекулярно-биологических особенностях вируса инфекционного бронхита кур, лежащих в основе его высокой генетической изменчивости. В работе рассмотрены структурно-функциональная организация генома вируса, роль неструктурных и структурных белков в репликации и взаимодействии с клеткой-хозяином, а также детально проанализированы молекулярные механизмы мутагенеза и рекомбинации, приводящие к разнообразию вирусных вариантов. Понимание этих фундаментальных процессов необходимо для разработки эффективных стратегий контроля и прогнозирования эволюции вируса ИБК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для обзора послужили отечественные и зарубежные научные публикации, опубликованные в 2008–2026 гг. и посвящённые эпизоотологическим и молекулярно-биологическим особенностям вируса инфекционного бронхита кур. В анализ включали оригинальные и обзорные работы, содержащие сведения об организации генома вируса, функциях структурных и неструктурных белков, механизмах репликации и транскрипции, мутационной изменчивости и рекомбинации.

Сведения из отобранных публикаций систематизировали по следующим направлениям: структурно-функциональная организация генома; роль белков nsр1–nsр16 в формировании репликативно-транскрипционного комплекса; функции структурных белков S, M, E и N; механизмы возникновения точечных замен, делеций и инсерций; рекомбинация по механизму выбора копии и локализация её наиболее вероятных участков; влияние генетических изменений на патогенность, антигенные свойства и способность вируса преодолевать сформированный иммунитет.

При обработке материала применяли методы содержательного, сравнительного и структурно-функционального анализа, а также систематизации и научного обобщения данных. Результаты различных исследований сопоставляли по функциям вирусных белков, участию транскрипционно-регуляторных последовательностей в пере-

ключении матрицы и локализации предполагаемых горячих точек рекомбинации.

Коронавирусы

Коронавирусы являются оболочечными вирусами геном, которых представлен одноцепочечной РНК с положительной полярностью. Размер генома может варьироваться от 26 до 36 тысяч пар оснований [4]. Согласно современной классификации, коронавирусы относятся к порядку *Nidovirales* (от лат. *nidus* – гнездо). Название порядка отражает одну из уникальных особенностей его представителей – образование в процессе репликации «вложенных» (от англ. *nested*) субгеномных РНК разных размеров, каждая из которых соответствует определённому участку 3'-конца генома. В частности, благодаря этой особенности, вирус способен синтезировать мРНК разных размеров для отдельных генов, не имея классических промоторов.

Подсемейство *Orthocoronavirinae* подразделяется на роды *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus* и *Deltacoronavirus* на основе генетического анализа консервативных доменов в белке репликазы рp1ab и на структурных белках шипа (S), оболочки (E), мембраны (M) и нуклеокапсида (N). Альфа- и бетакоронавирусы инфицируют млекопитающих и вызывают у них заболевания, тогда как гаммакоронавирусы в основном являются птичьими вирусами [6].

Инфекционный бронхит кур

Инфекционный бронхит кур (ИБК) – это высококонтагиозное заболевание, поражающее респираторную, репродуктивную и мочевыделительную системы, представляющее собой значительную экономическую проблему для птицеводства [7]. Как правило, клиническая картина ИБК характеризуется слезотечением, ринотрахеальными выделениями, одышкой, кашлем и трахеальными хрипами. Помимо респираторной формы, болезнь может протекать в репродуктивной и нефропатогенной формах, каждая из которых имеет свои характерные проявления. Когда болезнь осложняется вторичными патогенами, такими как *Escherichia coli*, *Ornithobacterium rhinotracheale* и *Mycoplasma synoviae*, могут развиться пневмонии, аэросаккулиты и перитониты. Заболеваемость почти всегда составляет 100%, тогда как смертность может варьироваться в диапазоне от 5 до 30%. В тяжелых случаях, например при заражении нефропатогенными штаммами и осложнениями, вызванными наложением вторичной микрофлоры, смертность может достигать 60%. Первично вирус реплицируется в эпителиальных клетках, вызывая поражения дыхательной системы (носовые раковины, легкие, трахея) с соответствующими респираторными проявлениями. Штаммы, вызывающие репродуктивную и нефропатогенную формы, приводят к поражению мочевыделительной и репродуктив-

ной систем. Клинически это проявляется снижением яйценоскости, ухудшением качества яйца, развитием интерстициального нефрита и синдрома ложной несущки (необратимые кистозные изменения яйцевода). Кроме того, вирус способен реплицироваться в лимфоидных органах и тканях, вызывая поражения бursы Фабрициуса и слепок кишечника миндалин, а также в тканях желудочно-кишечного тракта [7].

Структура генома вируса ИБК

Вирион вируса инфекционного бронхита кур представляет собой плеоморфную, сферическую или эллипсоидную частицу диаметром 65-160 нм. Липопротеидная оболочка вируса покрыта характерными булавовидными гликопротеиновыми выступами – шипами.

Схема порядка расположения ключевых регуляторных участков РНК вируса ИБК имеет следующий вид: 5'UTR-1a/1ab-S-3a-3b-E-M-5a-5b-N-3'UTR [8, 9]. Как следует из данной схемы, геномная РНК вируса ИБК содержит гены, кодирующие множество структурных и неструктурных белков. Так, большую часть генома занимают две большие перекрывающиеся открытые рамки считывания – ORF1a и ORF1b (от англ. open reading frame), в дальнейшем транслирующиеся в полипротеины-предшественники pp1a и pp1ab. Вирусный полипротеин 1a транслируется с ORF1, это происходит в 60-80% случаев, а в 20-40% случаев происходит сдвиг рамки считывания на -1, при переходе от ORF1a к ORF1b, в результате чего происходит синтез более крупного полипротеина 1ab [5]. В процессе расщепления полипротеинов 1a и 1ab вирусными протеазами nsp3 (Papain-like protease, P_lpro) и nsp5 (main protease, M_{pro}) образуются 16 неструктурных белков (nsp1-nsp16), которые формируют репликативный комплекс. Важно отметить, что nsp3 и nsp5 активируются уже в составе синтезируемого полипротеина и с помощью аутопротеолиза отделяется от собственной полипротеиновой цепи, запуская каскад процессинга. В результате процессинга полипротеина 1a образуются белки nsp2 - nsp11, а полипротеина 1ab – nsp2 – nsp10, а также nsp12-nsp16.

Не все функции неструктурных белков до конца установлены, поэтому остановим свое внимание на наиболее изученных. Так, nsp2 участвует в поддержании трансляции вирусных белков, противодействуя фосфорилированию фактора инициации eIF2 α клеткой протеинкиназой PKR (от англ. Protein kinase R). Стимулируя экспрессию GADD34 (от англ. Growth Arrest and DNA Damage-inducible protein 34), который в комплексе с PP1 (от англ. Protein phosphatase 1) дефосфорилирует eIF2 α , тем самым возобновляя синтез белка.

Nsp3 крупный белок, который имеет в своем составе несколько функциональных доменов. Домен с ADRP-активностью необходим для удаления АДФ-рибозы с клеточных белков, участвующих в сигнальных путях активации противовирусной защиты, что приводит к подавлению иммунного ответа [3]. Домен pL_{pro} в первую очередь расщепляет вирусный полипротеин в сайтах между nsp2 и nsp3, а также между nsp3 и nsp4. Помимо этого он обладает деубиквитиназной

активностью, которая позволяет ему удалять убиквитин как с клеточных белков (например, NF- κ B и IRF7), подавляя передачу сигналов противовирусного иммунитета, так и с вирусных белков, защищая их от деградации [5]. Аксессуарный белок 5b, кодируемый в 3'-концевой области, вызывает деградацию клеточных мРНК или блокирует их трансляцию, что позволяет вирусу использовать белково-синтезирующий аппарат клетки для своих нужд. Трансмембранные белки nsp3, nsp4 и nsp6 закрепляют репликативно-транскрипционный комплекс (РТК) на мембранах аппарата Гольджи, индуцируя образование мембранных пузырьков — мест репликации вирусной РНК. Главная протеаза nsp5 (M_{pro}) расщепляет полипротеины 1a и 1ab в 11 разных сайтах, высвобождая зрелые белки от nsp4 до nsp16.

Ключевым компонентом РТК является РНК-зависимая РНК-полимераза (RdRp), кодируемая nsp12. RdRp вместе с кофакторами nsp7 и nsp8 образует минимальный комплекс, необходимый для синтеза вирусной РНК. Nsp13 обладает хеликазной активностью, он расплетает двухцепочечные участки РНК, что необходимо для корректной работы РНК-полимеразы. Nsp14 является экзорибонуклеазой, которая обеспечивает точность репликации. Nsp15 является консервативным белком. Входя в состав репликативно-транскрипционного комплекса, он выполняет несколько важных функций. Благодаря эндорибонуклеазной активности (EndoU) nsp15 разрезает двухцепочечные РНК (дцРНК) вируса, которые являются побочным продуктом репликации. Этот процесс предотвращает активацию протеинкиназы R (PKR), подавляет формирование противовирусных стресс-гранул (SG) и, как следствие, развитие иммунного ответа организма. Кроме того, nsp15 способен подавлять синтез собственных белков клетки, причём это происходит без затрагивания PKR-eIF2 α -пути, что позволяет синтезу вирусных белков продолжаться.

Nsp16 является метилтрансферазой и участвует в копировании вирусных транскриптов. Добавляя метильную группу к вирусной мРНК, он завершает формирование кэпа. Этот кэп не позволяет иммунной системе клетки распознавать вирусную РНК, а также обеспечивает стабильность и эффективную трансляцию вирусных мРНК. Nsp9, являясь РНК-связывающим белком, в составе репликативного комплекса участвует в связывании правильной ориентации одноцепочечной РНК. Nsp10, выступая кофактором для nsp14 и nsp16. Связываясь с ними, он значительно увеличивает их ферментативную активность. Именно в комплексе с nsp10 метилтрансфераза (nsp16) приобретает способность завершить формирование кэпа на вирусной РНК. Таким образом, nsp10 имеет важное значение для процесса точной репликации вирусного генома и его маскировки от иммунной системы. Функции nsp1 и nsp11 окончательно не установлены. Подводя итог, неструктурные белки вируса ИБК образуют репликативно-транскрипционный комплекс, который обеспечивает репликацию вируса, манипулирует процессами клетки-хозяина и способствует выживанию вируса [3, 10].

Вторая часть вирусного генома кодирует четыре основных структурных белка (в скобках даны английские названия): спайк-белок (S, от англ. spike), мембранный (M, от англ. membrane), оболочечный (E, от англ. envelope) и нуклеокапсидный (N, от англ. nucleocapsid). Белок S — это гликопротеин, формирующий характерные булавовидные выступы на поверхности вириона, которые и дали название всему семейству. Он играет ключевую роль в проникновении вируса в клетку. Его S1-субъединица отвечает за прикрепление к рецепторам на поверхности клетки-хозяина, а S2-субъединица обеспечивает слияние вирусной оболочки с клеточной мембраной. Более того, именно S-белок является главным антигенным компонентом вируса, индуцирующим выработку нейтрализующих антител и формирование протективного иммунитета. Белок M — наиболее распространённый структурный белок в вирионе, который, как предполагается, поддерживает форму вирусной частицы. Белок E присутствует в небольших количествах, но играет важную роль в сборке и высвобождении вирусных частиц из заражённой клетки. Белок N связывается с вирусной РНК, формируя нуклеокапсид, и является важным иммуногеном, запускающим клеточный иммунный ответ. Все эти структурные белки необходимы для формирования инфекционного вириона и его взаимодействия с клеткой-хозяином [10].

Генетическое разнообразие: мутации и рекомбинация

В основе генетического разнообразия вируса ИБК лежит множество различных факторов. Вирус имеет широкое распространение во всем мире и представлен множеством разнообразных циркулирующих генотипов и серотипов [2]. Обладая высокой степенью изменчивости, реализованной через точечные мутации и рекомбинацию, непрерывно появляются новые генетические варианты ИБК.

Возникающие мутации, которые представлены точечными заменами, вставками и делециями являются основным источником генетического разнообразия вируса. Мутации возникают в результате ошибок, которые происходят при работе РНК-зависимой РНК-полимеразы (RdRp) в процессе репликации. Стоит понимать, что благодаря nsp14 способному исправлять ошибки репликации коронавируса, и в частности, ИБК имеет высокую степень точности репликации [4]. Это необходимо для точной реализации жизненно важных генов вируса. Как показывают ряд исследований, нарушение работы эндонуклеазы nsp14, например в случае точечной мутации, приводит к нежизнеспособности вируса или его значительной аттенуации. Так как система коррекции не является абсолютной, и возникновение ошибок репликации неизбежно, как следствие неизбежно и возникновение мутаций, которые служат основным двигателем генетической изменчивости вируса ИБК.

Ещё один ключевой процесс, лежащий в основе генетической изменчивости вируса ИБК это рекомбинация. Рекомбинация происходит в процессе обмена генетическим материалом между двумя вирусами при инфицировании одной клетки. Процесс рекомбинации РНК-вирусов имеет значительные отличия от рекомбинации ДНК-вирусов, которая происходит по типу гомологии в результате разрыва и дальнейшего сшивания

молекул ДНК. Рекомбинация РНК происходит по типу выбора копии (матрицы) непосредственно в процессе репликации. РНК-зависимая РНК-полимераза (RdRp), двигаясь по матричной РНК, синтезирует новую цепь. В определённых участках генома находятся специфические сигнальные последовательности, называемые транскрипционно-регуляторными последовательностями (TRS). Различают лидирующую (TRS-L) и расположенную в теле гена (TRS-B). Первая необходима для присоединения и возобновления синтеза, в то время как вторая служит непосредственно сигналом для переключения матрицы для синтеза. Участки генома, в которых такие переключения происходят с наибольшей частотой, обозначают как «горячие точки» (hotspots). Дойдя до TRS участка RdRp временно отсоединяется от исходной матрицы и продолжает синтез на другом участке (или другой молекуле РНК). Такой механизм переключения матрицы лежит в основе прерывистой транскрипции обеспечивая синтез субгеномных мРНК (sgmRNA), которые необходимы для продукции основных структурных белков (S, E, M, N) и ряда вспомогательных белков.

Побочным следствием прерывистой транскрипции является повышение вероятности рекомбинации, но только в том случае, если в клетке находятся две разные молекулы вирусной РНК, между которыми возможно переключение матрицы. В ряде различных исследований для инфекционного бронхита кур были установлены участки генома, в которых рекомбинация происходит особенно часто. Горячие точки обнаружены в генах кодирующих ряд неструктурных белков (nsp2, nsp3, nsp8, nsp12) [10]. Высокая частота рекомбинации зафиксированная в гене S-белка очень важна, так как изменения в этом регионе способны влиять на способность вируса уклоняться от иммунного ответа.

Изменения в рекомбинантных участках неструктурных белков, взаимодействующих с РНК-полимеразой, способны модулировать скорость вирусной репликации. Эта модуляция, в свою очередь, может оказывать влияние на степень патогенности вируса [10]. Кроме того, из-за роли гена гликопротеина S в связывании с клетками-мишенями и наличия в нём участков, распознаваемых нейтрализующими антителами, мутации в этом гене могут порождать новые вирусные варианты или серотипы, которые способны уклоняться от иммунного ответа, сформированного против ранее циркулировавших штаммов, и преодолеть вакцинную защиту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль ИБК в промышленном птицеводстве основан преимущественно на применении живых аттенуированных и инактивированных вакцин. Из-за отсутствия или ограниченной перекрёстной защиты между различными серотипами и вариантами вируса для формирования надёжного иммунитета требуется несколько иммунизаций, а для расширения спектра защиты необходимо использовать вакцины, содержащие два или более антигенных типа. Это связано с тем, что репликация штаммов, используемых в живых вакцинах, также сопровождается накоплением мутаций, которые могут изменять их антигенные свойства. Эта закономерность характерна для

различных живых аттенуированных вакцин против ИБК, включая штаммы Massachusetts (Mass), Connecticut (Conn), Arkansas (Ark) и 4/91 (793/B). Именно большое количество циркулирующих

штаммов, их высокая степень изменчивости и, как следствие, постоянное появление новых вариантов, способных преодолевать иммунитет, являются основной проблемой контроля ИБК.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (тема № 125041505203-4).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абгарян С.Р., Приходько Е.И. Диагностика инфекционного бронхита кур. *Международный вестник ветеринарии*. 2026;1:479-485. DOI 10.52419/issn2072-2419.2026.1.479
2. Gallardo R.A. Infectious bronchitis virus variants in chickens: evolution, surveillance, control and prevention. *Austral journal of veterinary sciences*. 2021;53(1):55-62.
3. Graham R.L., Sparks J.S., Eckerle L.D., Sims A.C., Denison M.R. SARS coronavirus replicase proteins in pathogenesis. *Virus research*. 2008;133(1):88-100.
4. Hemert M.J., van der Worm S.H., Knoops K., Mommaas A.M., Gorbalenya A.E., Snijder E.J. SARS-coronavirus replication/transcription complexes are membrane-protected and need a host factor for activity *in vitro*. *PLoS pathogens*. 2008;4(5): e1000054.
5. Imbert I., Snijder E.J., Dimitrova M., Guillemot J.C., Lécine P., Canard B. The SARS-Coronavirus PLnc domain of nsp3 as replication/transcription scaffolding protein. *Virus research*. 2008;133(2):136-148.
6. Jackwood W., Hall D., Handel A. Molecular evolution and emergence of avian gamma coronaviruses. *Infection, Genetics and Evolution*. 2012;12 (6):1305-1311.
7. Khan S.Z., Waqas M., Goyal S.M. Infectious bronchitis: a challenge for the global poultry industry. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2023;39 (2):416-432.
8. Legnardi M., et al. Infectious bronchitis virus evolution, diagnosis and control. *Veterinary Sciences*. 2020;7(2):79.
9. Li L., et al. Structural lability in stem-loop 1 drives a 5' UTR-3' UTR interaction in coronavirus replication. *Journal of molecular biology*. 2008;377(3):790-803.
10. Promkuntod N., van Eijndhoven R.E.W., de Vrieze G., Gröne A., Verheije M.H. Mapping of the receptor-binding domain and amino acids critical for attachment in the spike protein of avian coronavirus infectious bronchitis virus. *Virology*. 2014;448:26-32.

REFERENCES

1. Abgaryan S.R., Prikhodko E.I. Diagnosis of infectious bronchitis in chickens. *International Veterinary Bulletin*. 2026;1:479-485. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2026.1.479
2. Gallardo R.A. Infectious bronchitis virus variants in chickens: evolution, surveillance, control and prevention. *Austral journal of veterinary sciences*. 2021;53(1):55-62.
3. Graham R.L., Sparks J.S., Eckerle L.D., Sims A.C., Denison M.R. SARS coronavirus replicase proteins in pathogenesis. *Virus research*. 2008;133(1):88-100.
4. Hemert M.J., van der Worm S.H., Knoops K., Mommaas A.M., Gorbalenya A.E., Snijder E.J. SARS-coronavirus replication/transcription complexes are membrane-protected and need a host factor for activity *in vitro*. *PLoS pathogens*. 2008;4(5): e1000054.
5. Imbert I., Snijder E.J., Dimitrova M., Guillemot J.C., Lécine P., Canard B. The SARS-Coronavirus PLnc domain of nsp3 as replication/transcription scaffolding protein. *Virus research*. 2008;133(2):136-148.
6. Jackwood W., Hall D., Handel A. Molecular evolution and emergence of avian gamma coronaviruses. *Infection, Genetics and Evolution*. 2012;12 (6):1305-1311.
7. Khan S.Z., Waqas M., Goyal S.M. Infectious bronchitis: a challenge for the global poultry industry. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2023;39 (2):416-432.
8. Legnardi M., et al. Infectious bronchitis virus evolution, diagnosis and control. *Veterinary Sciences*. 2020;7(2):79.
9. Li L., et al. Structural lability in stem-loop 1 drives a 5' UTR-3' UTR interaction in coronavirus replication. *Journal of molecular biology*. 2008;377(3):790-803.
10. Promkuntod N., van Eijndhoven R.E.W., de Vrieze G., Gröne A., Verheije M.H. Mapping of the receptor-binding domain and amino acids critical for attachment in the spike protein of avian coronavirus infectious bronchitis virus. *Virology*. 2014;448:26-32.

Поступила в редакцию / Received: 09.04.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 20.04.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ОЦЕНКА ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ КОЛИБАКТЕРИОЗЕ ЦЫПЛЯТ, ВЫЗВАННОМ *ESCHERICHIA COLI* С РАЗЛИЧНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ К ПРЕПАРАТУ

Анна Дмитриевна Мазур^{1✉}, Дмитрий Васильевич Юрин², Анастасия Сергеевна Горбанёва³, Андрей Андреевич Присный⁴, Алексей Иванович Лаишевцев⁵

^{1,2,3,4,5} Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, Российская Федерация

¹ научный сотрудник, e-mail: an4.mazur@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-1340-8024

² младший научный сотрудник, orcid.org/0000-0003-1128-0020

³ канд. ветеринар. наук, ведущий научный сотрудник, orcid.org/0000-0001-9380-4136

⁴ д-р биол. наук, главный научный сотрудник, orcid.org/0000-0001-5229-8337

⁵ заведующий лабораторией, orcid.org/0000-0002-5050-2274

РЕФЕРАТ

Основным методом борьбы с колибактериозом птиц остаётся применение антимикробных средств, но их эффективность в последние годы заметно снижается. Это связано с широким распространением изолятов *Escherichia coli*, устойчивых к большинству используемых препаратов. Однако, лечение часто оказывается неэффективным, а инфекция продолжает распространяться. Целью исследования являлась оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном *Escherichia coli* с различной чувствительностью к препарату. Опыт проведен на 800 цыплятах кросса Хайсекс Браун, разделенных на две группы по 400 голов. В каждой группе было сформировано 16 подгрупп по 25 голов: 8 опытных, получавших левофлоксацин в дозе 200 мг/л воды за 24 часа до заражения в течение пяти суток, и 8 контрольных, не получавших лечения. Заражение птицы проводили внутрибрюшинным введением суспензий из двух культур *E. coli* – чувствительной к левофлоксацину и устойчивой к данному препарату в концентрациях от $1,25 \times 10^6$ до 150×10^6 КОЕ/0,5 мл. Установлено, что применение левофлоксацина обеспечивало высокую сохранность птицы в группах, инфицированных чувствительным изолятом (выживаемость составила от 88 до 100%), тогда как при заражении резистентной культурой терапевтический эффект (от 20 до 80%) проявлялся значительно ниже во всем диапазоне заражающих концентраций. Полученные данные подтверждают, что эффективность левофлоксацина при колибактериозе цыплят зависит от исходной резистентности возбудителя, и подчеркивают необходимость проведения оценки антибиотикочувствительности патогена перед назначением препарата для предотвращения неэффективной терапии и селекции устойчивых форм бактерий.

Ключевые слова: колибактериоз цыплят, левофлоксацин, антибиотикорезистентность, *Escherichia coli*, экспериментальная инфекция.

Для цитирования: Мазур А.Д., Юрин Д.В., Горбанёва А.С., Присный А.А., Лаишевцев А.И. Оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном *Escherichia coli* с различной чувствительностью к препарату. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:74-77. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.74>

ASSESSMENT OF THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC EFFECTIVENESS OF LEVOFLOXACIN IN EXPERIMENTAL COLIBACILLOSIS OF CHICKS, CAUSED BY *ESCHERICHIA COLI* WITH VARIOUS SUSCEPTIBILITY TO THE DRUG

Anna Dm. Mazur^{1✉}, Dmitry V. Yurin², Anastasia S. Gorbaneva³, Andrey A. Prisnyi⁴, Alexey Iv. Laishevtsev⁵
^{1,2,3,4,5} Federal Scientific Centre – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Skryabin and Ya.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

¹ Researcher, e-mail: an4.mazur@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-1340-8024

² Junior Researcher, orcid.org/0000-0003-1128-0020

³ Cand. of Veterinary Sci., Leading Researcher, orcid.org/0000-0001-9380-4136

⁴ Doctor of Biological Sciences, leading researcher, orcid.org/0000-0001-5229-8337

⁵ Head of the Laboratory, orcid.org/0000-0002-5050-2274

ABSTRACT

Antimicrobials remain one of the main means to address and control colibacillosis of poultry, but their effectiveness has been noticeably decreasing lately. The cause for that is widely spread strains of *Escherichia coli*, resistant to most of the used drugs. Thus treatment may prove ineffective quite often and infections continue to spread. The goal of the present research has been the assessment of therapeutic and prophylactic effectiveness of levofloxacin for treatment of experimental colibacillosis in chicks, caused by *Escherichia coli* with various susceptibility to the drug. For our research we employed 800 Hisex Brown chicks, divided in 2 groups (n=400). Each group was again divided in 16 subgroups (n=25 in each subgroup), among them 8 experimental groups, receiving levofloxacin at a concentration 200 mg/L of drinking water at 24 h prior to the challenge, the

treatment lasting 5 days, and 8 control groups, receiving no treatment. The chicks were challenged via intraperitoneal injection with either of the 2 *E. coli* cultures in suspension: susceptible to levofloxacin and resistant to levofloxacin at doses in the interval of 1.25×10^6 to 1.5×10^8 CFUs/0.5 mL. We noted that levofloxacin had ensured very high survivability of chicks in groups, previously challenged with a strain, susceptible to levofloxacin (survivability 88% to 100%). But when the chicks had been challenged with a strain, resistant to levofloxacin, the therapeutic effectiveness of the aforementioned drug was considerably lower for the whole interval of the used infectious doses (survivability 20% to 80%). The data we have obtained in our research show that effectiveness of levofloxacin for treatment of colibacillosis in chicks is dependent on resistance of aetiological agent. We also stress the necessity for preliminary antimicrobial susceptibility tests of the isolated strains prior to administration of a drug, such tests must be performed in order to try and avoid ineffective regimens and to prevent selection of resistant bacteria.

Key words: colibacillosis of chicks, levofloxacin, resistance to antimicrobials, *Escherichia coli*, experimental infection.

For citation: Mazur A.D., Yurin D.V., Gorbaneva A.S., Prisy A.A., Laishevtsev A.I. Assessment of therapeutic and prophylactic effectiveness of levofloxacin in experimental colibacillosis in chicks caused by *Escherichia coli* with varying susceptibility to the drug. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:74-77. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.74>

ВВЕДЕНИЕ

Колибактериоз, вызываемый патогенными серотипами *E. coli*, остается одной из наиболее актуальных проблем в промышленном птицеводстве, нанося значительный экономический ущерб вследствие падежа, снижения приростов массы тела и затрат на лечение [2, 3].

Традиционно для терапии кишечных инфекций, в том числе колибактериоза, применяются антибактериальные препараты широкого спектра действия, среди которых важное место занимают фторхинолоны, в частности левофлоксацин [4, 8, 10].

Однако, бесконтрольное и широкое применение противомикробных лекарственных средств привело к глобальному росту антибиотикорезистентности [5, 6, 7]. На сегодняшний день циркуляция полирезистентных штаммов *E. coli* является серьезным препятствием для проведения успешной терапии. Ввиду этого, назначение антимикробных препаратов без предварительной идентификации возбудителя и определения его чувствительности становится не только малоэффективным, но и опасным, так как способствует дальнейшей селекции устойчивых популяций бактерий [1, 9].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы являлась сравнительная оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном чувствительным и резистентным штаммами *E. coli*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на цыплятах кросса Хайсекс Браун. Всего для эксперимента было задействовано 800 цыплят, разделенных на две группы по 400 голов. В каждой группе было сформировано 16 подгрупп: 8 опытных, получавших лечение и 8 контрольных, не получавших лечения, по 25 голов в каждой. В работе использовали две культуры *E. coli*: чувствительную к левофлоксацину (изолят МП-1) и устойчивую к левофлоксацину (изолят № 19). Чувствительность возбудителей предварительно определяли диско-диффузионным методом на среде Мюллера–Хинтона.

Для заражения готовили суспензии из смыва суточной агаровой культуры *E. coli* на изотоническом растворе NaCl в концентрациях:

$1,25 \times 10^6$, $2,5 \times 10^6$, 5×10^6 , 10×10^6 , 20×10^6 , 40×10^6 , 75×10^6 и 150×10^6 КОЕ/0,5 мл. Суспензию в определенной концентрации вводили цыплятам соответствующей группы внутривентриально в объеме 0,5 мл. Таким образом, для чувствительного изолята восемь опытных и восемь контрольных групп птиц получали возрастающие дозы возбудителя, и аналогично – для резистентного.

Левофлоксацин применяли в дозе 200 мг/л питьевой воды. Лечение начинали за 24 часа до заражения и проводили в течение пяти суток; контрольные группы цыплят получали чистую воду без препарата. Период наблюдения за птицей составил 15 суток. Показателем лечебно-профилактической эффективности являлась сохранность птицепоголовья в группах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты по определению лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном чувствительным и резистентным изолятами *E. coli*, представлены в таблицах 1 и 2.

При заражении цыплят чувствительным к левофлоксацину изолятом *E. coli* (таблица 1) в контрольных подгруппах, не получавших препарат, наблюдали развитие острой генерализованной инфекции. В подгруппах птиц, зараженных максимальной концентрацией возбудителя (150×10^6 КОЕ/0,5 мл), гибель достигала 52%. По мере снижения инфицирующей дозы патогена падеж закономерно уменьшался, однако даже при его минимальной концентрации ($1,25 \times 10^6$ КОЕ/0,5 мл) количество павших составило 12%.

В опытных подгруппах птиц, получавших левофлоксацин за сутки до заражения, была отмечена высокая терапевтическая эффективность препарата. Независимо от концентрации инокулята, выживаемость цыплят составила от 88% до 100%.

При заражении птиц резистентным к левофлоксацину изолятом *E. coli* (таблица 2) результаты значительно отличались от первого этапа работы. В контрольных подгруппах падеж цыплят был высоким и зависел от дозы заражения: при максимальных концентрациях введенного возбудителя (150×10^6 , 75×10^6 и 40×10^6 КОЕ/0,5 мл) гибель составила от 76% до 92%. При зараже-

Таблица 1. Лечебно-профилактическая эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном чувствительным изолятом *E. coli*

Table 1. Therapeutic and prophylactic efficacy of levofloxacin in experimental colibacillosis in chickens caused by a susceptible *E. coli* isolate.

Концентрация суспензии / $\times 10^6$ КОЕ	Экспериментальные группы				Контрольные группы			
	выжило		пало		выжило		пало	
	голов	%	голов	%	голов	%	голов	%
1,25	25	100	0	0	22	88	3	12
2,5	24	96	1	4	20	80	5	20
5	25	100	0	0	18	72	7	28
10	24	96	1	4	18	72	7	28
20	24	96	1	4	20	80	5	20
40	22	88	3	12	16	64	9	36
75	23	92	2	8	17	68	8	32
150	25	100	0	0	12	48	13	52

Таблица 2. Лечебно-профилактическая эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят, вызванном резистентным изолятом *E. coli*.

Table 2. Therapeutic and prophylactic efficacy of levofloxacin in experimental colibacillosis in chickens caused by a resistant *E. coli* isolate.

Концентрация суспензии/ $\times 10^6$ КОЕ	Экспериментальные группы				Контрольные группы			
	выжило		пало		выжило		пало	
	голов	%	голов	%	голов	%	голов	%
1,25	18	72	7	28	14	56	11	44
2,5	20	80	5	20	13	52	12	48
5	20	80	5	20	13	52	12	48
10	9	36	16	64	10	40	15	60
20	15	60	10	40	5	20	20	80
40	9	36	16	64	4	16	21	84
75	9	36	16	64	2	8	23	92
150	10	40	15	60	6	24	19	76

нии цыплят суспензией *E. coli* в концентрациях 20×10^6 и 10×10^6 КОЕ/0,5 мл был также отмечен высокий падеж – 80 и 60%, соответственно. В подгруппах птиц, которым вводили самые низкие концентрации патогена (5×10^6 , $2,5 \times 10^6$ и $1,25 \times 10^6$ КОЕ/0,5 мл) смертность варьировала от 44 до 48%.

В опытных подгруппах, несмотря на применение левофлоксацина в той же дозе и по той же схеме, что и на первом этапе исследования, значительного терапевтического эффекта зарегистрировано не было. Так, в подгруппах птиц, где инфицирующая доза *E. coli* составила от 150×10^6 КОЕ до 10×10^6 КОЕ/0,5 мл, падеж среди цыплят был на уровне 40-64%. Только при уменьшении заражающей концентрации суспензии (5×10^6 , $2,5 \times 10^6$ и $1,25 \times 10^6$ КОЕ/0,5 мл) отмечено и снижение падежа птиц (20-28%).

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Экспериментально подтверждена высокая ле-

чебно-профилактическая эффективность левофлоксацина при колибактериозе цыплят, вызванном чувствительным изолятом *E. coli*. Применение препарата в дозе 200 мг/л воды за 24 часа до заражения обеспечило от 88 до 100% сохранность птицы во всем диапазоне инфицирующих доз (от $1,25 \times 10^6$ до 150×10^6 КОЕ/0,5 мл), тогда как в контрольных подгруппах падеж носил дозозависимый характер и достигал 52%.

2. Установлено, что при заражении цыплят резистентным к левофлоксацину изолятом *E. coli* препарат не оказывал значительного терапевтического эффекта. Так, количество павших цыплят опытных подгрупп достигало 64%. При этом, максимальный процент павшей птицы в контрольных подгруппах был равен 92%.

3. Полученные экспериментальные данные доказывают прямую зависимость лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят от степени резистентности возбудителя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лоренгель Т.И., Лещева Н.А., Осташенко А.Р., Плешакова В.И. Антибиотикочувствительность патогенных культур кишечной палочки, циркулирующих на промышленной птицефабрике Омской области. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019;4(174):122-127.
2. Рузина А.В., Васюков Н.В., Рождественская Т.Н., Панкратов С.В. Ассоциированное течение сальмонеллеза и колибактериоза у птицы в условиях промышленного выращивания. Птица и птицепродукты. 2023;1:49-52. DOI 10.30975/2073-4999-2023-25-1-49-52
3. Герасимова А.О., Новикова О.Б., Савичева А.А. Колибактериоз птиц - актуальные вопросы. Ветеринария сегодня. 2023;12(4): 284-292. DOI 10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292
4. Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Юрин Д.В. и др. Лечебно - профилактическая эффективность левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят Ветеринарный фармакологический вестник.

2024;1(26): 68-75. DOI 10.17238/issn2541-8203.2024.1.68

5. Макавчик С.А. Ветеринарный мониторинг антибиотикорезистентности как инструмент инфекционной безопасности. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023;3:42-46.

6. Муминзода М.О. Мониторинг проявления устойчивости к антибиотикам при колибактериозе птиц. Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение биологических наук. 2024;1(224): 111-118.

7. Макавчик С.А., Полищук Н.В. Распространение на животноводческих фермах *Escherichia coli*, синтезирующих бета-лактамазы расширенного спектра. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2022;2: 44-48.

8. Мазур А.Д., Скворцов В.Н., Юрин Д.В., Горбанева А.С. Оценка лечебно-профилактической эффективности левофлоксацина при экспериментальном колибактериозе цыплят в зависимости от заражающей дозы. Международный вестник ветеринарии. 2022;2:64-68. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.2.64

9. Горбанева А.С., Юрин Д.В., Скворцов В.Н., Лаишевцев А.И. Чувствительность *Salmonella infantis* к антимикробным препаратам. Международный вестник ветеринарии. 2023;2:55-61. DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.2.55

10. Горбанева А.С., Скворцов В.Н., Юрин Д.В. и др. Эффективность левофлоксацина при экспериментальной *Salmonella infantis*-инфекции цыплят. Ветеринария и кормление. 2024;3:40-42. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-6

REFERENCES

1. Lorengel T.I., Leshcheva N.A., Ostashenko A.R., Pleshakova V.I. Antibiotic susceptibility of pathogenic *Escherichia coli* strains circulating at an industrial poultry farm in the Omsk region. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019;4(174):122-127. (in Russ)

2. Ruzina A.V., Vasyukov N.V., Rozhdestvenskaya T.N., Pankratov S.V. Concurrent salmonellosis and colibacillosis in poultry under industrial rearing conditions. Poultry and Poultry Products. 2023;1:49-52. (in Russ) DOI 10.30975/2073-4999-2023-25-1-49-52

3. Gerasimova A.O., Novikova O.B., Savicheva A.A. Avian colibacillosis: current issues. Veterinary Medicine Today. 2023;12(4):284-292. (in Russ) DOI 10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292

4. Mazur A.D., Skvortsov V.N., Yurin D.V. et al. Therapeutic and prophylactic efficacy of levofloxacin in experimental colibacillosis in chicks. Veterinary Pharmacological Bulletin. 2024;1(26):68-75. (in Russ) DOI 10.17238/issn2541-8203.2024.1.68

5. Makavchik S.A. Veterinary monitoring of antibiotic resistance as a tool for infectious disease safety. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2023;3:42-46. (in Russ)

6. Muminzoda M.O. Monitoring the manifestation of antibiotic resistance in avian colibacillosis. Proceedings of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological Sciences. 2024;1(224):111-118. (in Russ)

7. Makavchik S.A., Polishchuk N.V. Prevalence of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* on livestock farms. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2022;2:44-48. (in Russ)

8. Mazur A.D., Skvortsov V.N., Yurin D.V., Gorbaneva A.S. Evaluation of the therapeutic and prophylactic efficacy of levofloxacin in experimental colibacillosis in chicks depending on the infectious dose. International Veterinary Bulletin. 2022;2:64-68. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.2.64

9. Gorbaneva A.S., Yurin D.V., Skvortsov V.N., Laishevtsev A.I. Susceptibility of *Salmonella infantis* to antimicrobial agents. International Veterinary Bulletin. 2023;2:55-61. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.2.55

10. Gorbaneva A.S., Skvortsov V.N., Yurin D.V., et al. Efficacy of levofloxacin in experimental *Salmonella infantis* infection in chickens. Veterinary Medicine and Feeding. 2024;3:40-42. (in Russ) DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-6

Поступила в редакцию / Received: 15.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.05.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ПРОБЛЕМА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЫРОГО КОРОВЬЕГО МОЛОКА НА ЭТАПЕ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

Мария Николаевна Исакова^{1✉}, Яна Юрьевна Лысова²

^{1,2}Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация

¹канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник отдела репродуктивной биологии и неонатологии, email: tmarya105@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-7130-5627

²старший научный сотрудник лаборатории микробиологических и молекулярно-генетических методов исследования отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, orcid.org/0000-0001-6797-0659

РЕФЕРАТ

В статье изучены возможные пути микробного загрязнения сырого молока на этапе его получения. Из секрета молочной железы при субклиническом мастите выделяли следующие микроорганизмы: *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus spp.*, *Proteus spp.*, *Escherichia coli* (непатогенный тип), *Streptococcus disagalactiae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium bovis*, *Enterococcus faecalis*, *Trueperella pyogenes*, *Streptococcus uberis*. В смывах с перчаток операторов машинного доения непосредственно перед подготовкой очередной коровы к доению изолированы ассоциации условно-патогенных микроорганизмов, включающие следующие виды бактерий: *E. faecium*, *St. aureus*, *Enterobacter spp.* (не патогенный тип), *Staphylococcus spp.*, *S. uberis*. С таких частей доильного оборудования, как сосковая резина и коллектор выделили микроорганизмы *St. aureus*, *S. agalactiae*, *Str. disagalactiae*, *St. epidermidis*, *Staphylococcus spp.*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *Proteus spp.*, *E. faecium*, *E. coli* (непатогенный тип), *P. aeruginosa*. Данные условно-патогенные микроорганизмы могут быть непосредственной причиной развития мастита у животного. С кожи сосков были выделены микроорганизмы *S. aureus*, *E. coli* (непатогенный тип), *Staphylococcus spp.*, *C. bovis*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *P. aeruginosa*, *S. agalactiae* которые при некачественной преддоильной обработке молочной железы способны вызывать воспаление в молочной железе. Таким образом, проблема микробиологической безопасности сырого молока связана с риском контаминации условно-патогенными микроорганизмами, способными вызывать мастит за счет нарушений преддоильной гигиены вымени коров и дезинфекции оборудования, а также несоблюдения правил личной гигиены операторов машинного доения.

Ключевые слова: коровы, молоко, безопасность, изоляты, ассоциации микроорганизмов, бактерии, кожа сосков, доильное оборудование, оператор машинного доения, субклинический мастит.

Для цитирования: Исакова М.Н., Лысова Я.Ю. Проблема микробиологической безопасности сырого коровьего молока на этапе его получения. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:78-84. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.78>

THE PROBLEM OF MICROBIOLOGICAL SAFETY OF RAW COW'S MILK AT THE PRODUCTION STAGE

Maria N. Isakova^{1✉}, Yana Yu. Lysova²

^{1,2}Ural Federal Agrarian Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, Department of Reproductive Biology and Neonatology, email: tmarya105@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-7130-5627

²Senior Researcher, Laboratory of Microbiological and Molecular-Genetic Research Methods, Department of Veterinary Laboratory Diagnostics and Testing Laboratory, orcid.org/0000-0001-6797-0659

ABSTRACT

The article examines several possible pathways of microbial contamination of raw milk during its production. The following microorganisms were isolated from mammary gland secretions in cases of subclinical mastitis: *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Enterobacter spp.* (non-pathogenic type), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus spp.*, *Proteus spp.*, *Escherichia coli* (non-pathogenic type), *Streptococcus disagalactiae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium bovis*, *Enterococcus faecalis*, *Trueperella pyogenes*, *Streptococcus uberis*. It was found that samples of swabs were taken from the gloves of machine milking operators immediately before preparing the next cow for milking and the following associations of opportunistic microorganisms were isolated, including the following bacterial species: *E. faecium*, *S. aureus*, *Enterobacter spp.* (non-pathogenic type), *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus uberis*. From such parts of milking equipment as teat liner and collector were isolated microorganisms *S. aureus*, *S. agalactiae*, *S. disagalactiae*, *S. epidermidis*, *Staphylococcus spp.*, *Enterobacter spp.* (non-pathogenic type), *Proteus spp.*, *E. faecium*, *E. coli* (non-pathogenic type), *P. aeruginosa*, which can be a direct cause of mastitis development in animals. From teat skin were isolated microorganisms *S. aureus*, *E. coli* (non-pathogenic type), *Staphylococcus spp.*, *C. bovis*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* (non-pathogenic type), *P. aeruginosa*,

and *S. agalactiae*, which can cause mastitis if the mammary gland is not properly treated before milking. Thus, the microbiological safety of raw milk is associated with the risk of contamination with opportunistic microorganisms that can cause mastitis due to poor pre-milking hygiene, equipment disinfection, and poor personal hygiene practices among machine milking operators.

Key words: cows, milk, safety, isolates, microbial associations, bacteria, teat skin, milking equipment, machine milking operator, subclinical mastitis.

For citation: Isakova M.N., Lysova Ya.Yu. The problem of microbiological safety of raw cow's milk at the production stage. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:78-84. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.78>

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Указу Президента РФ от 21.01.2020 №20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» обеспечение населения качественными молочными продуктами является стратегической целью в долгосрочном периоде, как условие реализации стратегического национального приоритета. Качество, объем и ассортимент готовой молочной продукции зависят от первичных условий производства сырого молока [11]. За счет своего состава, богатого питательными веществами молоко является благоприятной средой для развития различных микроорганизмов [5,8]. В сыром молоке активно может размножаться как нормальная микрофлора, прежде всего это молочнокислые бактерии (например, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris*), термофильный стрептококк (*S.thermophilus*) так и условно-патогенные (*E.coli*, *S. aureus* и др.) и патогенные (*Salmonella spp.*, *Listeria spp.*, *Brucella melitensis* и др.) микроорганизмы, которые способны снижать качество получаемой молочной продукции, а также вызывать заболевания у человека [1,10]. Бактериальная обсемененность сырого молока напрямую зависит от здоровья животных, условий их содержания, соблюдения санитарно-гигиенических правил получения молока, способов его охлаждения, условий хранения и транспортирования [13]. Основными источниками бактериального загрязнения молока на первичном этапе его производства являются кожный покров животного, особенно молочной железы, руки и одежда обслуживающего персонала, доильное оборудование и инвентарь, используемый во время доения коров и при первичной обработке молока, а также животные со скрытым воспалительным процессом в молочной железе [7,9,12]. В то время как воспалительные заболевания молочной железы крупного рогатого скота наносят наибольший экономический ущерб молочному животноводству [6].

Цель работы – изучить возможные пути микробного загрязнения сырого молока на этапе его получения. Были поставлены следующие задачи: изучить микрофлору, населяющую кожу сосков молочной железы; провести микробиологические исследования смывов, взятых с доильного оборудования и рук операторов машинного доения; изучить микробиом секрета молочной железы коров при субклинической форме мастита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в отделе репродуктивной биологии и неонатологии и лаборатории микробиологических и молекулярно-генетических методов исследования Уральского НИВИ – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО

РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № 0532-2026-0009 «Система метаболической коррекции, направленной на нормализацию ключевых звеньев обмена веществ, с целью прижизненного формирования продуктивности и получения качественной продукции от сельскохозяйственных животных и птицы». Экспериментальные исследования проводили на базе четырех сельскохозяйственных предприятий, расположенных в двух областях Уральского федерального округа.

В результате исследования в каждом сельскохозяйственном предприятии были отобраны пробы смывов с перчаток операторов машинного доения (n=8), пробы с поверхностей коллектора (n=8) и сосковой резины доильных аппаратов (n=16), смывы с поверхности кожи сосков молочной железы (n=20), а также пробы секрета молочной железы от положительно реагирующих коров при проведении экспресс диагностики на субклиническую форму мастита (n=35). Затем все пробы подвергали микробиологическим исследованиям с применением культурального метода. При проведении микробиологического исследования руководствовались методическими рекомендациями «Методы бактериологического исследования условно-патогенных микроорганизмов в клинической микробиологии» [2], определителем бактерий Берджи [3] и определителем патогенных и условно-патогенных грибов [4].

Диагностику на субклиническую форму мастита осуществляли на основании косвенного подсчета количества соматических клеток в молоке с использованием диагностического реактива «Кенотест» (CID LINES, Бельгия). Исследования проводили непосредственно в доильном зале, после подготовки вымени к доению операторами машинного доения (перед надеванием доильных стаканов) секрет молочной железы сдаивали на молочно-контрольную пластинку, добавляли «Кенотест», далее руководствовались инструкцией по применению.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из каждого сельскохозяйственного предприятия с рук двух операторов машинного доения были отобраны пробы смывов с перчаток для выявления возможной передачи контагиозных возбудителей мастита. В результате исследования были выделены изоляты следующих условно-патогенных микроорганизмов: *E. faecium*, *S. aureus*, *Enterobacter spp.* (не патогенный тип), *Staphylococcus spp.*, *S. uberis*, которые были пред-

ставлены в исследуемых пробах в виде ассоциаций (таблица 1).

Как видно из таблицы 2 исследование проб взятых с поверхностей доильных аппаратов (сосковая резина, коллектор) во всех сельскохозяйственных предприятиях показало наличие условно-патогенной микрофлоры, представленной *S. aureus*, *S. agalactiae*, *S. disagalactiae*, *S. epidermidis*, *Staphylococcus spp.*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *Proteus spp.*, *E. faecium*, *E. coli* (непатогенный тип), *P. aeruginosa*. В СХП 1 из смывов, взятых с поверхности сосковой резины, выделили 10 изолятов микроорганизмов: *S. aureus* (30,0%), *E. faecium* (20,0%), *Enterobacter spp.* (непатогенный тип) (10,0%), *S. agalactiae* (10,0%), *Staphylococcus spp.* (10,0%), *E. coli* (непатогенный тип) (10,0%), *Proteus spp.* (10,0%). В пробах, взятых с коллектора, выделили полимикробные ассоциации представленные изолятами: *S. aureus* (33,3%), *E. faecium* (16,7%), *E. coli* (непатогенный тип) (16,7%), *Enterobacter spp.* (непатогенный тип) (16,7%), *S. agalactiae* (16,7%) (таблица 2).

В пробах, отобранных в СХП 2 с поверхности сосковой резины и коллектора, выявили 7 и 5 изолятов бактерий соответственно. При этом с сосковой резины структура выглядела следующим образом: *E. coli* (непатогенный тип) (28,6%), *S. agalactiae* (28,6%), *S. aureus* (14,3%), *Staphylococcus spp.* (14,3%), *E. faecium* (14,3%); с коллектора: *S. agalactiae* (40,0%), *S. aureus* (20,0%), *E. coli* (непатогенный тип) (20,0%), *E. faecium* (20,0%) (таблица 2).

При исследовании проб отобранных в СХП 3 с поверхности сосковой резины, выделили 8 изолятов микроорганизмов: *S. aureus* (25,0%), *Staphylococcus spp.* (25,0%), *E. coli* (непатогенный тип) (25,0%), *E. faecium* (12,5%), *S. disagalactiae* (12,5%). Со смывов, взятых с поверхности коллектора, выделили *S. aureus*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *S. epidermidis*, *Staphylococcus spp.* (таблица 2).

В СХП 4 со смывов, взятых с поверхности сосковой резины, выделили 9 изолятов бактерий: *S. aureus* (22,2%), *E. faecium* (33,3%), *Enterobacter spp.* (непатогенный тип) (11,1%), *P. aeruginosa* (11,1%), *Staphylococcus spp.* (11,1%), *Proteus spp.* (11,1%); с коллектора – 5 изолятов микроорганизмов: *E. faecium* (40,0%), *S. aureus* (20,0%), *E. coli* (непатогенный тип) (20,0%), *Proteus spp.* (20,0%) (таблица 2).

Наличие данных микроорганизмов на внутренних поверхностях доильного аппарата фиксируется из-за некачественной дезинфекции оборудования. За счет неправильной эксплуатации (использование сосковой резины по истечению нормативных сроков) или при нарушении технологии санитарной обработки доильного оборудования в исследуемых частях доильного аппарата создаются благоприятные условия для развития микрофлоры, происходит количественный рост выделенных бактерий и распространение их в другие части доильной установки. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы могут вырабатывать экзотоксины и эндотоксины, которые при поступлении в сборное молоко будут отрицательно влиять на его качество и безопасность.

Проведенные микробиологические исследования показали, что из 20 проб смывов взятых с кожи сосков молочной железы коров, выделяли

65 изолятов микроорганизмов, среди них *S. aureus*, *E. coli* (непатогенный тип), *Staphylococcus spp.*, *C. bovis*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *P. aeruginosa*, *S. agalactiae*, (Рисунок 1). Во всех пробах микроорганизмы были выделены в виде неповторяющихся ассоциаций бактерий. Во всех сельскохозяйственных предприятиях выявили нарушение микробиоценоза кожи вымени у коров, который может привести к воспалительным процессам в молочной железе. Так в СХП 1 установили, что доминирующим микроорганизмом на коже сосков молочной железы был *S. aureus* (33,3%). Данный возбудитель не является нормальной частью микрофлоры кожи вымени коров, а колонизирует кожу сосков и сосковые каналы при наличии повреждений (особенно трещин, ран). Затем бактерии размножаются в инфицированных очагах и проникают в ткани вымени вызывая у животного мастит. В 20,0% обнаружили *E. faecium*, который является представителем нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Эта бактерия относится к группе экологических патогенов, которые постоянно присутствуют в окружающей среде (подстилочный материал, почва, навоз) в связи с чем может обнаруживаться на поверхности кожных покровов животных, в том числе коже вымени коров, в частности сосков, однако при нарушении иммунной системы молочной железы способна вызывать воспаление в вымени коров. Изоляты *E. coli* (непатогенный тип) и *Staphylococcus spp.* обнаружили в одинаковом количестве 13,3%. В минимальном количестве 6,7% выделили изоляты бактерий *C. bovis*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип).

В СХП 2, СХП 3, СХП 4 в наибольшем количестве выделяли изоляты *E. coli* (непатогенный тип) 23,5%, 22,2% и 26,7% соответственно. Непатогенные изоляты *E. coli* могут присутствовать на коже вымени коров как часть нормальной микрофлоры, однако их обнаружение не всегда является признаком здоровья, это зависит от условий содержания животного, гигиены и других факторов. Так их избыточное количество, появление патогенных штаммов или нарушение санитарно-гигиенических норм содержания животного может привести к развитию мастита.

В СХП 2 изоляты *S. aureus*, *Staphylococcus spp.*, *E. faecium* составили равную численность – 17,6%. Наличие стафилококков (*Staphylococcus spp.*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticum*, *S. haemolyticus*) на коже молочной железы не всегда указывает на норму или патологию, например, у животных с ослабленным иммунитетом или при нарушении целостности кожных покровов данные бактерии могут стать причиной воспаления в вымени. В общей структуре выделенных изолятов из проб смывов, взятых с поверхности кожи молочной железы коров, содержащихся в СХП 2 на *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *C. bovis* и *E. faecium*, *E. faecalis* приходилось 11,8%, 5,9% и 5,9% соответственно. Непатогенные штаммы *Enterobacter spp.* могут быть частью нормальной микрофлоры кожи вымени. В отличие от патогенных видов, они не всегда ассоциируются с

Таблица 1. Выделенные ассоциации микроорганизмов со смывов взятых с перчаток операторов машинного доения, (n=8).

Table 1. Microbial associations isolated from swabs taken from the gloves of machine milking operators (n=8).

СПХ	Ассоциации микроорганизмов
1	<i>S. aureus</i> + <i>E. faecium</i> + <i>Enterobacter spp.</i> (не патогенный тип)
	<i>S. aureus</i> + <i>Staphylococcus spp.</i>
2	<i>S. aureus</i> + <i>E. faecium</i>
	<i>S. aureus</i> + <i>Enterobacter spp.</i> (не патогенный тип)
3	<i>S. aureus</i> + <i>Staphylococcus spp.</i>
	<i>S. aureus</i> + <i>S. uberis</i>
4	<i>S. aureus</i> + <i>Staphylococcus spp.</i>
	<i>S. aureus</i> + <i>E. faecium</i>

Таблица 2. Изоляты микроорганизмов, выделенные с поверхности доильного оборудования, n = 24.

Table 2. Microbial isolates recovered from the surface of milking equipment, n = 24.

Часть доильного аппарата	Выделенные ассоциации микроорганизмов			
	СХП 1	СХП 2	СХП 3	СХП 4
Сосковая резина (n=16)	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>Enterobacter spp.</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>S. agalactiae</i> , <i>E. coli</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i>	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>Enterobacter spp.</i> (непатогенный тип)
	<i>S. aureus</i> , <i>S. agalactiae</i> , <i>E. faecium</i>	<i>Staphylococcus spp.*</i> <i>E. coli</i> (непатогенный тип)	<i>Staphylococcus spp.*</i> <i>E. coli</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>P. aeruginosa</i>
	<i>Staphylococcus spp.*</i>	<i>S. agalactiae</i> , <i>E. faecium</i>	<i>S. aureus</i> , <i>S. disagalactiae</i> <i>E. coli</i> (непатогенный тип)	<i>Staphylococcus spp.*</i> <i>E. faecium</i> , <i>Proteus spp.</i>
	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> (непатогенный тип), <i>Proteus spp.</i>	-	<i>Staphylococcus spp.*</i>	-
Коллектор (n=8)	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>E. coli</i> (непатогенный тип), <i>Enterobacter spp.</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>S. agalactiae</i> , <i>E. coli</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>Enterobacter spp.</i> (непатогенный тип)	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>E. coli</i> (непатогенный тип)
	<i>S. aureus</i> , <i>S. agalactiae</i>	<i>S. agalactiae</i> , <i>E. faecium</i>	<i>S. epidermidis</i> , <i>Staphylococcus spp.*</i>	<i>E. faecium</i> , <i>Proteus spp.</i>

Примечание: **S. epidermidis*, *S. saprophyticum*, *S. haemolyticus*

развитием воспалительных процессов. Однако важно учитывать, что при нарушении целостности анатомических барьеров или снижении сопротивляемости организма даже непатогенные микроорганизмы могут стать оппортунистическими патогенами, то есть возбудителями инфекционных процессов. В контексте вымени это может быть связано с нарушением гигиены, загрязнением окружающей среды или другими факторами, способствующими проникновению бактерий в молочную железу. *E. faecalis* не является частью нормальной микрофлоры кожи вымени коров, в основном обитает в кишечном тракте животных, может стать причиной оппортунистических инфекций, в том числе мастита. *S. bovis* условно-патогенный микроорганизм, может быть частью нормальной микрофлоры кожи вымени, может инфицировать соски и вызывать воспаление молочной железы.

Численность изолятов *E. faecium* (16,7%), *Staphylococcus spp.* (16,7%) и *S. aureus* (11,1%), *E. faecalis* (11,1%), *Enterobacter spp.* (непатогенный тип) (11,1%) в СХП 3 составила равное количество, на которое приходилось по 16,7% и 11,1%

соответственно. Изоляты *P. aeruginosa* (5,6%) и *S. agalactiae* (5,6%) выделили в наименьшем количестве. *P. aeruginosa* на коже вымени у животного может свидетельствовать о нарушении здоровья, к примеру, о снижении иммунитета или развитии воспалительного процесса. *S. agalactiae* является облигатным патогеном вымени и одной из основных причин мастита у крупного рогатого скота.

В СХП 4 изоляты *S. aureus* и *E. faecium* составили равную численность – 20,0%. Количество изолятов *S. agalactiae* составило 13,3%. Одинаковое количество так же приходилось на выделенные изоляты *Staphylococcus spp.* (6,7%), *Proteus spp.* (6,7%), *P. aeruginosa* (6,7%). *Proteus spp.* относится к комменсальной флоре желудочно-кишечного тракта. На кожу молочной железы коров могут попадать из окружающей среды так как *Proteus spp.* могут содержаться в подстилке, навозе, почве, настилах, на пастбищах и любых поверхностях, с которыми контактирует корова. Так же передаются через доильные аппараты и руки операторов машинного доения при доении.

В СХП 1 из 10 проб секрета молочной железы коров при субклиническом мастите выделили 25

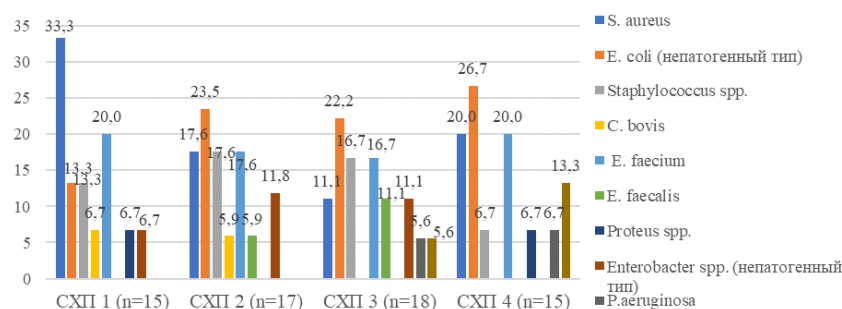


Рисунок 1. Выделенные изоляты микроорганизмов из проб смывов, взятых с кожи сосков вымени, n=65.

Figure 1. Isolated microorganisms from swab samples taken from the skin of the udder teats, n=65.

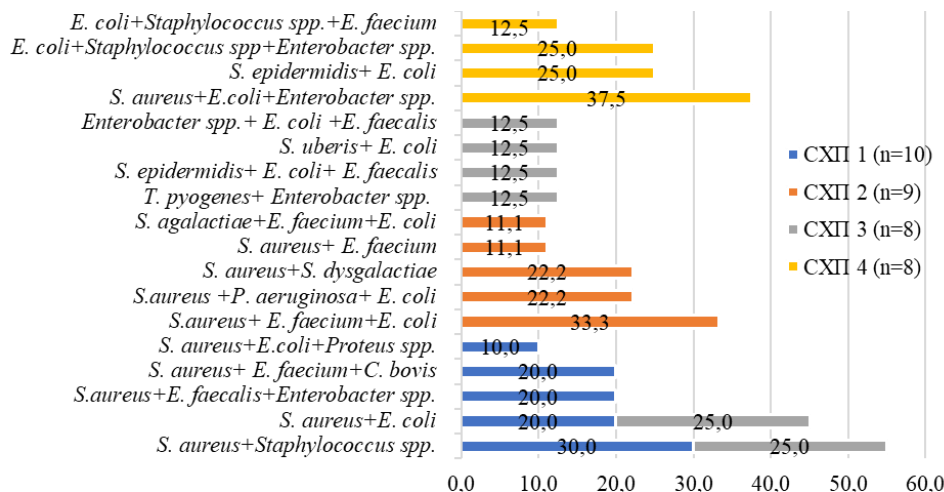


Рисунок 2. Структура популяции микроорганизмов, выделенных из секрета молочной железы коров при субклиническом мастите, n = 35.

Figure 2. Structure of the microbial population isolated from cow mammary gland secretions in cases of subclinical mastitis, n = 35.

изолятов микроорганизмов, из них на долю *S. aureus* приходилось 40,0%, *E. faecalis* – 16,0%, *Staphylococcus spp.* – 12,0%, *E. coli* – 12,0%, *Enterobacter spp.* – 8,0%, *C. bovis* – 8,0%, *Proteus spp.* – 4,0%. Все изоляты микроорганизмов находились в структуре полимикробных ассоциаций, и имели следующий вид: *S. aureus*+*Staphylococcus spp.* (30,0%), *S. aureus*+*E. coli* (20,0%), *S. aureus*+*E. faecalis*+*Enterobacter spp.* (20,0%), *S. aureus*+*E. faecium*+*C. bovis* (20,0%), *S. aureus*+*E. coli*+*Proteus spp.* (10,0%) (Рисунок 2).

Из 9 проб секрета вымени коров со скрытой формой мастита (CXП 2) выделили 23 изолята микроорганизмов. Максимальное количество (34,8%) пришлось на *S. aureus*. Численность изолятов *E. faecium* и *E. coli* в общей структуре составила 26,1% и 21,7% соответственно. Изоляты *S. dysgalactiae* (8,7%) и *P. aeruginosa* (8,7%) выделили в равном количестве. В большинстве проб (66,7%) выделенные бактерии были представлены в виде трехкомпонентных ассоциаций: *S. aureus*+*E. faecium*+*E. coli* (33,3%), *S. aureus*+*P. aeruginosa*+*E. coli* (22,2%), *S. agalactiae*+*E. faecium*+*E. coli* (11,1%). А 33,3% выделенных бактерий были представлены в виде двухкомпонентных ассоциаций: *S. aureus*+*S. dysgalactiae* (22,2%) и *S. aureus*+*E. faecium* (11,1%) (Рисунок 2).

В CXП 3 из проб было изолировано 18 мик-

роорганизмов. В наибольшем количестве выделяли *E. coli* и *S. aureus* в 27,8% и 22,2% соответственно. Изоляты *Staphylococcus spp.* (11,1%), *E. faecalis* (11,1%), *Enterobacter spp.* (11,1%) и *T. pyogenes* (5,6%), *S. epidermidis* (5,6%), *S. uberis* (5,6%) выделяли в равном количестве. Все выделенные микроорганизмы представлены в виде ассоциаций: *S. aureus*+*E. coli* (25,0%), *S. aureus*+*Staphylococcus spp.* (25,0%), *T. pyogenes*+*Enterobacter spp.* (12,5%), *S. epidermidis*+*E. coli*+*E. faecalis* (12,5%), *S. uberis*+*E. coli* (12,5%), *Enterobacter spp.*+*E. coli*+*E. faecalis* (12,5%) (Рисунок 2).

Из 8 проб секрета молочной железы, отобранных от коров с субклинической формой мастита, содержащихся в CXП 4 выделили 22 изолята бактерий. Во всех исследуемых пробах присутствовала анаэробная бактерия *E. coli*, а количество выделенных изолятов составило 36,4%. Так же в пробах присутствовали изоляты *Enterobacter spp.* (22,7%), *Staphylococcus spp.* (13,6%), *S. aureus* (13,6%), *S. epidermidis* (9,1%), *E. faecium* (4,5%). В 75% проб бактерии представлены в виде трехкомпонентных ассоциаций: *S. aureus*+*E. coli*+*Enterobacter spp.* (37,5%), *E. coli*+*Staphylococcus spp.*+*Enterobacter spp.* (25,0%), *E. coli*+*Staphylococcus spp.*+*E. faecium* (12,5%); в 25% в виде двухкомпонентных ассоциаций: *S. epidermidis*+*E. coli* (25,0%) (Рисунок 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на этапе получения молока были выявлены несколько возможных путей его микробного загрязнения:

♦ недостаточная дезинфекция доильного оборудования могла послужить источником передачи таких бактерий, как *S. aureus*, *E. faecium*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *S. agalactiae*, *Staphylococcus spp.*, *Proteus spp.*, *E. coli* (непатогенный тип), *S. disagalactiae*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, которые в последующем были выделены из проб секрета молочной железы от положительно реагирующих коров при проведении экспресс диагностики на субклиническую форму мастита.

♦ отсутствие смены перчаток или некачественная обработка их в специальном дезинфицирующем растворе операторами машинного доения, что не исключает проникновение микроорганизмов *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter spp.* (не патогенный тип), *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus uberis* в молочную железу.

♦ некачественная преддоильная обработка вымени может способствовать проникновению в вымя коров бактерий *S. aureus*, *E. faecium*, *Enterobacter spp.* (непатогенный тип), *S. agalactiae*, *Staphylococcus spp.*, *Proteus spp.*, *E. coli* (непатогенный тип), обнаруженных у животных с субклинической формой мастита.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № 0532-2026-0009 «Система метаболической коррекции, направленной на нормализацию ключевых звеньев обмена веществ, с целью прижизненного формирования продуктивности и получения качественной продукции от сельскохозяйственных животных и птицы».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ларионов Г.А., Чеченешкина О.Ю., Ятрушева Е.С. Микробиологическая безопасность молока и молочных продуктов. Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022;1 (41): 99-105. doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202201012
2. Методы бактериологического исследования условно-патогенных микроорганизмов в клинической микробиологии: методические рекомендации. Сост. А. Н. Калюк. М.: Московский научно-исследовательский институт туберкулеза Минздрава РФ, 1991. 36 с.
3. Определитель бактерий Берджи [Текст] : в 2-х томах / [Р. Беркли и др.]; под ред. Дж. Хоулта [и др.] ; пер. с англ. под ред. акад. РАН Г. А. Заварзина. 9-е изд. Москва : Мир. 1997. 800 с.
4. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Пер. с англ. К. Л. Тарасова и Ю. Н. Ковалева. Под ред. И. Р. Дорожковой. Москва. Мир. 2001. XVI. 468 с.
5. Рябцева С.А., Ганина В.И., Панова Н.М. Микробиология молока и молочных продуктов: Учебное пособие. СПб. Издательство «Лань». 2018. 192 с.: ил.
6. Соколова О.В., Безбородова Н.А., Быгов М.В., Зубарева В.Д., Шкуратова И.А., Зайцева О.С., Мартынов Н.А. Секвенирование фрагментов V3-V4 ГЕНА 16S rRNA для определения состава и взаимосвязи микробиоты при воспалении молочной железы и репродуктивного тракта у коров (*Bos taurus*). Сельскохозяйственная биология. 2024;59(2):328-341.
7. Burtscher J., Rudavsky T., Zitz U., Neubauer V., Domig K.J. Importance of Pre-Milking Udder Hygiene to Reduce Transfer of Clostridial Spores from Teat Skin to Raw Milk. Microorganisms. 2023;19;11(5):1337. doi: 10.3390/microorganisms11051337
8. Evanowski R.L., Murphy S.I., Wiedmann M., Martin N.H. Low-cost, on-farm intervention to reduce spores in bulk tank raw milk benefits producers, processors, and consumers. J Dairy Sci. 2023; 106(3):1687-1694. doi: 10.3168/jds.2022-22372
9. Gleeson D., Flynn J., Brien B.O. Effect of pre-milking teat disinfection on new mastitis infection rates of dairy cows. Ir Vet J. 2018;18;71:11. doi: 10.1186/s13620-018-0122-4
10. Machado S.G., Bagliniere F., Marchand S., Coillie E.V., Vanetti M.C.D., Block J.D., Heyndrickx M. The Biodiversity of the Microbiota Producing Heat-Resistant Enzymes Responsible for Spoilage in Processed Bovine Milk and Dairy Products. Front. Microbiol. 2017; 8:10.3389/fmicb.2017.00302
11. Martin N.H., Evanowski R.L., Wiedmann M. Invited review: Redefining raw milk quality-Evaluation of raw milk microbiological parameters to ensure high-quality processed dairy products. J Dairy Sci. 2023 Mar;106(3):1502-1517. doi: 10.3168/jds.2022-22416.
12. Martin N.H., Kent D.J., Evanowski R.L., Zuber Hrobuchak T.J., Wiedmann M. Bacterial spore levels in bulk tank raw milk are influenced by environmental and cow hygiene factors. J Dairy Sci. 2019 Nov;102 (11):9689-9701. doi: 10.3168/jds.2019-16304
13. Velazquez V., Carranza B.V., Tenorio-Borroto E., Talavera-Rojas M. Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products. In book: Nutrition in Health and Disease - Our Challenges Now and Forthcoming Time. 2019. doi: 10.5772/intechopen.86182

REFERENCES

1. Larionov G.A., Checheneshkina O.Yu., Yatrusheva E.S. Microbiological safety of milk and dairy products. Russian Journal of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2022;1 (41): 99-105. (in Russ) doi: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202201012
2. Methods for the bacteriological examination of opportunistic microorganisms in clinical microbiology: methodological guidelines. Compiled by A. N. Kalyuk. Moscow: Moscow Research Institute of Tuberculosis

of the Ministry of Health of the RSFSR, 1991. 36 p. (in Russ)

3. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology [Text]: in 2 volumes / [R. Berkeley et al.]; edited by J. Holt [et al.]; translated from English under the editorship of Academician of the RAS G. A. Zavarzin. 9th ed. Moscow: Mir, 1997. 800 p. (in Russ)

4. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M. Guide to Clinically Significant Fungi. Translated from English by K. L. Tarasov and Yu. N. Kovalev. Edited by I. R. Dorozhkova. Moscow: Mir, 2001. XVI, 468 p. (in Russ)

5. Ryabtseva S.A., Ganina V.I., Panova N.M. Microbiology of milk and dairy products: Study guide. St. Petersburg: Lan Publishing House, 2018. 192 p.: ill. (in Russ)

6. Sokolova O.V., Bezborodova N.A., Bytov M.V., Zubareva V.D., Shkuratova I.A., Zaitseva O.S., Martynov N.A. Sequencing of 16S rRNA gene V3–V4 fragments to determine the composition and interrelationships of microbiota during inflammation of the mammary gland and reproductive tract in cows (*Bos taurus*). Agricultural Biology. 2024;59(2):328-341. (in Russ)

7. Burtscher J., Rudavsky T., Zitz U., Neubauer V., Domig K.J. Importance of Pre-Milking Udder Hygiene to Reduce Transfer of Clostridial Spores from Teat Skin to Raw Milk. Microorganisms. 2023;19;11(5):1337. doi: 10.3390/microorganisms11051337

8. Evanowski R.L., Murphy S.I., Wiedmann M., Martin N.H. Low-cost, on-farm intervention to reduce spores in bulk tank raw milk benefits producers, processors, and consumers. J Dairy Sci. 2023; 106(3):1687-1694. doi: 10.3168/jds.2022-22372

9. Gleeson D., Flynn J., Brien B.O. Effect of pre-milking teat disinfection on new mastitis infection rates of dairy cows. Ir Vet J. 2018;18;71:11. doi: 10.1186/s13620-018-0122-4

10. Machado S.G., Baglinière F., Marchand S., Coillie E.V., Vanetti M.C.D., Block J.D., Heyndrickx M. The Biodiversity of the Microbiota Producing Heat-Resistant Enzymes Responsible for Spoilage in Processed Bovine Milk and Dairy Products. Front. Microbiol. 2017; 8.10.3389/fmicb.2017.00302

11. Martin N.H., Evanowski R.L., Wiedmann M. Invited review: Redefining raw milk quality-Evaluation of raw milk microbiological parameters to ensure high-quality processed dairy products. J Dairy Sci. 2023 Mar;106(3):1502-1517. doi: 10.3168/jds.2022-22416.

12. Martin N.H., Kent D.J., Evanowski R.L., Zuber Hrobuchak T.J., Wiedmann M. Bacterial spore levels in bulk tank raw milk are influenced by environmental and cow hygiene factors. J Dairy Sci. 2019 Nov;102(11):9689-9701. doi: 10.3168/jds.2019-16304

13. Velazquez V., Carranza B.V., Tenorio-Borroto E., Talavera-Rojas M. Microbial Contamination in Milk Quality and Health Risk of the Consumers of Raw Milk and Dairy Products. In book: Nutrition in Health and Disease - Our Challenges Now and Forthcoming Time. 2019. doi: 10.5772/intechopen.86182

Поступила в редакцию / Received: 15.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

СЛУЧАЙ ВЫЯВЛЕНИЯ НОЗЕМАТОЗА ПЧЁЛ НА ТЕРРИТОРИИ ПУШКИНСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ахмед Багамаевич Айдиев^{1✉}, Вадим Борисович Воронцов², Владислав Александрович Берёзкин³,
Дмитрий Андреевич Красков⁴

^{1,2,3,4} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

⁴ Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (ВНИВИП) – филиал
ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический инсти-
тут птицеводства», Российская Федерация

¹ канд. ветеринар. наук, доцент, e-mail: aidiev.1965@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0747-2858

² канд. ветеринар. наук, доцент, orcid.org/0009-0008-5074-4274

³ канд. ветеринар. наук, ассистент, orcid.org/0000-0002-5557-1287

⁴ аспирант, мл. науч. сотрудник, orcid.org/0000-0002-2362-2641

РЕФЕРАТ

На сегодняшний день нозематоз медоносных пчёл широко распространен во всём мире, в том числе в РФ. Цель работы — выделение возбудителя, постановка окончательного диагноза и проведение лечебно-профилактических мероприятий при нозематозе пчёл. Диагностику нозематоза — паразитарного заболевания пчёл проводили методом световой микроскопии в Северо-Западной испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ». Проведенные лабораторные исследования выявили заражение пчёл нозематозом на пасеке в СПК «Племенной завод «Детскосельский» Пушкинского района г. Санкт-Петербурга. Для лечения пчёл от нозематоза и профилактики этого заболевания использовали препарат «Ноземацид» с высоким антипротозойным эффектом против возбудителя нозематоза пчёл. Достижение эффективности при проведении дезинфекции ульев было получено с применением паров 80% раствора уксусной кислоты. Лечебно-профилактические мероприятия включали комплекс мер по дезинфекции и дальнейшему скормливанню пчёлам препарата «Ноземацид» в смеси с сахарным сиропом из расчета 5 г препарата на 20 л 5% сахарного сиропа на одну семью дважды с интервалом в 7 дней, в дозе 100 мл на одну рамку пчёл в улье. В результате эффективность проведённых на пасеке лечебно-профилактических мероприятий против нозематоза пчёл составила 100%.

Ключевые слова: нозематоз, паразитарное заболевание взрослых пчёл, пасека, ульи, СПК «Племзавод «Детскосельский», дезинфекция парами уксусной кислоты, лечебный препарат «Ноземацид».

Для цитирования: Айдиев А.Б., Воронцов В.Б., Берёзкин В.А., Красков Д.А. Случай выявления нозематоза пчел на территории Пушкинского района Санкт-Петербурга. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:85-88. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.85>

CASE OF THE OCCURRENCE OF NOSEMATOSIS IN A BATCH ON THE TERRITORY OF THE PUSHKIN DISTRICT OF ST. PETERSBURG

Akhmed B. Aidiev^{1✉}, Vadim B. Vorontsov², Vladislav A. Berezkin³, Dmitry An. Kraskov⁴

^{1,2,3,4} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

⁴ All-Russian Veterinary Research Institute of Poultry Science (VNIVIP) – branch of the Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry Science" (FSBSI), Russian Federation

¹ Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, e-mail: aidiev.1965@mail.ru, orcid.org/0000-0002-0747-2858

² Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, orcid.org/0009-0008-5074-4274

³ Candidate of Veterinary Sciences, Assistant, orcid.org/0000-0002-5557-1287

⁴ Postgraduate student, Junior Researcher, orcid.org/0000-0002-2362-2641

ABSTRACT

Today, the nosematosis of honey bees is widespread worldwide, including in Russia. The aim of the work is to identify a pathogen, make a final diagnosis and carry out preventive measures for nosematosis of bees. Diagnosis of nosematosis - a parasitic disease of bees was carried out by light microscopy in the North-Western test laboratory FSBI "All-Russian Scientific Research Institute of Animal Health". Laboratory studies have revealed infection of nosematosis bees in the apiary in agricultural production cooperative "Breeding plant "Detskoselsky" of Pushkin district, St. Petersburg. For the treatment of bees from nosematosis and prevention of this disease, a drug "Nosemacid" with a high antiprotozoic effect against the pathogen of nosematosis was used. The achievement of efficiency in disinfecting beehives was achieved by using 80% acetic acid solution. The curative and preventive measures included a set of measures from disinfection and further feeding to bees of the drug "Nosemacid" in a mixture with sugar syrup at the price of 5 g of the drug for 20 liters of 5% sugar syrup per family twice with an interval of 7 days, in a dose of 100 liters per one frame of bee in the hive. As a result, the effectiveness of prophylactic measures against nosematosis carried out in the apiary was 100%.

Key words: nosematosis, a parasitic disease of adult bees, apiary, hives, agricultural production cooperative "Breeding plant "Detskoscelsky", disinfection with acetic acid vapors, the therapeutic drug "Nosemacid".

For citation: Aidiev A.B., Vorontsov V.B., Berezkin V.A., Kraskov D.A. A case of the occurrence of nosemosis in a batch in the Pushkinsky District of St. Petersburg. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:85-88. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.85>

ВВЕДЕНИЕ

Нозематоз — опасное паразитарное заболевание пчелиных семей, которое характеризуется поражением эпителиального слоя кишечника пчёл, маток и трутней, сопровождается массовой гибелью пчелиных семей и значительными экономическими потерями. Так, инфицирование спорами возбудителя (которые могут сохраняться в улье несколько лет) даже десятой части пчелосемьи может привести к снижению вдвое объема полученного мёда.

Возбудители нозематоза распространены по всему миру, в том числе в РФ. На сегодняшний день ветеринарной наукой изучено и описано три вида микроспоридий, обуславливающих заражение медоносных пчёл, которые относятся к роду *Nosema*, семейства *Nosematidae*, где возбудителями нозематоза пчёл являются *Nosema apis* — возбудитель нозематоза у медоносной пчелы, *Nosema ceranae* — возбудитель нозематоза у восковой (китайской) пчелы (*Apis cerana*), *Nosema neumannii* — возбудитель нозематоза у медоносных пчёл в Африке, Уганде.

Основными двумя видами возбудителя нозематоза пчёл из трех, приведенных выше, являются *Nosema apis* и *Nosema ceranae*. Следствием поражения насекомых этими видами возбудителя является проявление клинической картины болезни, особенно в конце зимы, в весенний период года, во время выставки пчелиных семей из зимовников. Вспышки нозематоза могут повторяться каждые 3–5 лет.

Причём наблюдаются неодинаковые симптомы болезни при двух основных возбудителях. Так при возникновении нозематоза, вызванного *Nosema apis*, наблюдают загрязнение экскрементами пчелиного гнезда, воска в улье. При установлении диагноза нозематоз, вызванного *Nosema ceranae*, в ульях отсутствуют пятна испражнений, но наблюдается резкое ослабление силы пчелиной семьи.

Для дезинфекции ульев с целью уничтожения спор возбудителя нозематоза используют различные химические препараты (4% раствор формалина, пары уксусной кислоты, раствор перекиси водорода, а также термические методы обработки стенок ульев паяльной лампой или газовой горелкой).

Пчеловодство является неотъемлемой, составной частью сельского хозяйства. На территории Пушкинского района г. Санкт-Петербурга, также как и во многих регионах РФ, в жизненном цикле пчелиных семей существует длительный, около 5 мес, период зимовки — относительно покоя насекомых. Пчёлы к нему готовятся в период активного весенне-летнего сезона, участвуя в опылении цветковых растений, сборе нектара и пыльцы, которые затем перерабатывают в мёд; подготовке кормовых запасов для выращивания нового поколения пчёл.

В этот период, когда пчёлы ослаблены длительной зимовкой и интенсивным выращиванием расплода, начинают прогрессировать заболевания, в том числе нозематоз, возбудителей которых находят в пробах от пчёл для лабораторных исследований. В осенний период года возбудитель нозематоза переходит в особую стадию жизненного цикла микроспоридий — стадию спороносительства, когда возбудителей можно обнаружить на гистологических препаратах в криптах кишечника пчёл.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Случай проявления нозематоза пчёл на территории Пушкинского района Санкт-Петербурга был зафиксирован ветеринарной службой в пос. Шушары в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Племенной завод по разведению крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы „Детскосельский“» — СПК «Племзавод „Детскосельский“». На территории данного предприятия находится пасека с 26 ульями, где ежегодно медовых пчёл исследуют на паразитарные и бактериальные болезни.

В соответствии с планом противоэпизоотических мероприятий и после обращения владельца пасеки на вялость пчёл и значительное загрязнение экскрементами поверхностей многих ульев в период подмора пчёл были отобраны 5 проб и направлены для лабораторных исследований в лабораторию ФГБУ «ВНИИЗЖ» Северо-Западного испытательного центра для установления диагноза.

Диагностику нозематоза в Северо-Западной испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» осуществляли методом световой микроскопии проб пчёл, экскрементов, мёда, перги для выявления спор возбудителя.

Лечебно-профилактические мероприятия после подтверждения диагноза проводили на пасеке СПК «Племзавод „Детскосельский“».

На момент проявления нозематоза была проведена инвентаризация ульев, устранены из ульев накопившийся сор и подмор пчёл. Во всех 26 ульях проведена дезинфекция парами 80% раствора уксусной кислоты (рис.1 и рис.2).

После установления диагноза нозематоз у пчёл лечебно-профилактические мероприятия проводили с применением отечественного препарата «Ноземацид», который относится к 4-му классу опасности (малоопасные вещества), в рекомендуемых дозах препарат не обладает местно-раздражающим и сенсибилизирующим действием. В качестве действующего вещества (ДВ) в его состав входят окситетрациклина гидрохлорид — 60%, метронидазол — 30%. «Ноземацид» скармливали пчёлам из расчёта 5 г препарата на 20 л 50%-го сахарного сиропа в дозе 100 мл на одну рамку с пчёлами.

В определённые дни с интервалом в 7 дней в соответствии с инструкцией готовили смесь са-

харного сиропа и препарата «Ноземацид» из расчёта 6,5 г препарата на 26 л сахарного сиропа. Смесь расфасовывали в одноразовые полиэтиленовые пакеты по 1 л и раскладывали в каждый из 26 ульев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После обращения в ветеринарную службу владельца пасеки на вялость пчёл и наличие большого количества испражнений на стенках ульев первые 5 проб подмора для исследования на нозематоз (из расчёта 1 проба от 5-6 ульев) были отобраны на пасеке и направлены в лабораторию 08.06.2023 для установления диагноза.

В ходе первого этапа исследований проб подмора из всех 26 ульев в Северо-Западной испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» (протокол исследования от 16.06.23. № 23. 45516 СПбВ) были получены следующие результаты:

- ♦- проба №1 (от ульев с №1 по №5) обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 398 спор, степень поражения +++);

- ♦- проба № 2 (от ульев с №6 по №10) обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 8 спор, степень поражения +);

- ♦- проба №3 (от ульев с №11 по №15) обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 236 спор, степень поражения +++);

- ♦- проба №4 (от ульев с №16 по №20) обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 470 спор, степень поражения +++);

- ♦- проба №5 (от ульев с №21 по №26) обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 1676 спор, степень поражения ++++).

Обнаружение владельцем пасеки первых признаков заражения нозематозом пчелосемей в виде значительного количества жидких испражнений на поверхностях ульев и снижения активности пчёл послужило поводом для немедленного проведения государственной ветеринарной службой организации карантинных (ограничительных) мероприятий на пасеке, с недопущением контактов больных и здоровых пчёл. Ограничительные мероприятия при нозематозе вводят только при средней и сильной степени поражения пчёл спорами возбудителя *Nosema apis*. Учитывая результаты первого этапа лабораторных исследований подмора пчёл, во всех 26 ульях была проведена тщательная очистка ульев и их дезинфекция парами 80% уксусной кислоты, просушивание и последующая медикаментозная терапия – скормливание пчёлам сахарного сиропа с препаратом «Ноземацид».



Рисунок 1. Отбор проб подмора из улья для лабораторного исследования.

Figure 1. Sampling dead bees from the hive for laboratory analysis.

Второй этап исследований проб подмора пчёл из 26 ульев был проведён из расчёта 1 проба от каждого из ульев. Пробы для обследования на нозематоз были направлены в лабораторию 25.07.2023 г. Протокол исследования проб подмора пчёл в Северо-Западной испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» (от 02.08.23. № 23. 47194 СПбВ) содержит следующие результаты:

- ♦ проба №2, улей №13 обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 6 спор, степень поражения +;

- ♦ проба №7, улей №23 обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 27 спор, степень поражения ++;

- ♦ проба №15, улей №5 обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 43 споры, степень поражения ++;

- ♦ проба №22, улей №1 обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 55 спор, степень поражения ++;

- ♦ проба №26, улей №20 обнаружен возбудитель нозематоза в количестве 121 спора, степень поражения +++.

Учитывая результаты второго этапа лабораторных исследований подмора пчёл, во всех 26 ульях была проведена повторная дезинфекция парами 80% уксусной кислоты и повторное скормливание пчёлам сахарного сиропа с препаратом «Ноземацид».

На третьем этапе экспериментов было проведено лабораторное исследование 26 проб живых пчёл из расчёта 1 проба от каждого из ульев. Пробы для обследования на нозематоз были отобраны и направлены в Северо-Западную испытательную лабораторию ФГБУ «ВНИИЗЖ» 25.09.2023 г. В соответствии с протоколом экспертизы исследования (от 28.09.23. № 23. 49499 СПбВ) во всех пробах живых пчёл получены отрицательные результаты на нозематоз.

Таким образом, в ходе первичных лабораторных исследований подмора пчёл была установлена высокая степень инвазии (2788 спор в 5 пробах). К основным факторам возникновения нозематоза пчёл на пасеке СПК «Племзавод «Детскосельский»» можно отнести длительную зимовку пчёл, низкое качество кормов и высокую влажность в ульях. Первоисточниками заражения нозематозом являлись больные пчёлы, содержащиеся в своих экскрементах огромное количество спор патогенных паразитов –микроспоридий *Nosema apis*, которые с испражнениями попадали в мёд, пергу, на соты и другие поверхности улья.

При двукратной дезинфекции ульев парами 80% уксусной кислоты и двукратном скормлива-



Рисунок 2. Отбор проб испражнений на стенках улья для лабораторных исследований.

Figure 2. Collection of fecal samples from the hive walls for laboratory analysis.

нии пчелам сахарного сиропа с препаратом «Ноземацид» спор *Nosema apis* при микроскопировании не было обнаружено. Следовательно, при двукратном использовании «Ноземацида» эффективность препарата составляет 100%.

Для оздоровления от нозематоза пчёл пасеки на территории СПК «Племзавод “Детскосельский”» был разработан план оздоровительных мероприятий в соответствии с проектом Ветеринарных правил по предупреждению нозематоза пчёл (размещен МСХ России в 2024г.).

После выполнения плана оздоровительных мероприятий по предотвращению угрозы возникновения, распространения нозематоза на данной пасеке, завершения комплекса мероприятий по ликвидации заболевания и подтверждению благополучия пасеки по нозематозу пчёл на территории СПК «Племзавод “Детскосельский”», распо-

ряжением Управления ветеринарии г. Санкт-Петербурга 15.11.2023 г. ограничительные мероприятия с этой пасеки были отменены.

ВЫВОДЫ

1. Нозематоз пчёл на территории СПб и Ленинградской области имеет широкое распространение. Весна и лето наиболее благоприятно влияют на проявление данной инвазии.

2. Эффективность дезобработки ульев всей пасеки и скормливания пчелам препарата «Ноземацид» в смеси с сахарным сиропом из расчёта 5 г препарата на 20 л 50% сахарного сиропа в дозе 100 мл на одну рамку пчёл в улье составляет 100%.

3. Для проведения лечебно-профилактических мероприятий против нозематоза пчёл рекомендуем двукратное использование препарата «Ноземацид» и двукратную дезинфекцию ульев парами 80% уксусной кислоты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильева Ю.В. Нозематоз, его разновидности и пути распространения. Приднестровский научный вестник. 2018;12(4):064-066.
2. Зинатулина З.Я. Нозематоз медоносных пчёл на пасеках Тюменской области. Вестник научных конференций. 2026;11-2(15):49-50.
3. Зинатулина З.Я. Нозематоз медоносных пчёл в условиях закрытого грунта Северного Зауралья и разработка средств для борьбы с его возбудителем: специальность 03.00.19: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Зинатулина Зимфира Якубовна; 2004:18 с.
4. Неверов В. Ю. Нозематоз медоносных пчёл, протекающий на фоне варроатоза в Западной Сибири, и меры борьбы с ним: специальность 03.00.19: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Неверов Владислав Юрьевич; 2015:17 с.
5. Николаева О.Н., Садертдинова Л.Г. Сравнительная эффективность акарицидных препаратов при варроатозе пчёл. Теория и практика современной аграрной науки: Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск: Издательский центр Новосибирского аграрного университета «Золотой колос». 2022:1241-1244.
6. Пашаян С.А., Сидорова К.А., Калашникова М.В. Лечебно-профилактические мероприятия при варроатозе и нозематозе пчёл в условиях климато-географических особенностей Тюменской области. Агропродовольственная политика России. 2016;12(60):80-82.
7. Bourgeois L.A., Rinderer T.E., Bearman L.B., Danka R.D. Genetic detection and quantification of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in the honey bee. J.Invertebr. Patol., 2010,103:53-58.

REFERENCES

1. Vasilyeva Yu.V. Nosematosis, its varieties and ways of spreading. Pridnestrovian Scientific Bulletin. 2018;12(4):064-066. (in Russ)
2. Zinatulina Z.Ya. Nosematosis of honey bees in apiaries of the Tyumen region. Bulletin of scientific conferences. 2026;11-2(15):49-50. (in Russ)
3. Zinatullina Z.Ya. Nosematosis of honey bees in the conditions of the closed ground of the Northern Trans-Urals and the development of means to combat its causative agent: specialty 03.00.19: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of biological Sciences. Zinatullina Zimfira Yakubovna; 2004:18 p. (in Russ)
4. Neverov V. Y. Nosematosis of honey bees, occurring against the background of varroatosis in Western Siberia, and measures to combat it: specialty 03.00.19: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of biological Sciences. Vladislav Yurievich Neverov; 2015:17 p. (in Russ)
5. Nikolaeva O.N., Sadertdinova L.G. Comparative efficacy of acaricidal drugs in varroatosis of bees. Theory and practice of modern agrarian science: Proceedings of the V National (All-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk Agrarian University "Golden Ear". 2022:1241-1244. (in Russ)
6. Pashayan S.A., Sidorova K.A., Kalashnikova M.V. Therapeutic and preventive measures for varroatosis and nosematosis of bees in the conditions of climatic and geographical features of the Tyumen region. Agricultural and food policy of Russia. 2016;12(60):80-82. (in Russ)
7. Bourgeois L.A., Rinderer T.E., Bearman L.B., Danka R.D. Genetic detection and quantification of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in the honey bee. J.Invertebr. Patol., 2010,103:53-58.

Поступила в редакцию / Received: 16.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕМАТОД *DIROFILARIA* И *ASCARIS* МЕТОДОМ MALDI-TOF MS

Ираида Сергеевна Березинская^{1✉}, Игорь Олегович Потапенко², Сергей Андреевич Нагорный³,
Алексей Михайлович Ермаков⁴

^{1,2}Донской государственный технический университет, Российская Федерация

³ФБУН Ростов НИИМП Роспотребнадзора, Российская Федерация

⁴Донской государственный аграрный университет, Российская Федерация

¹соискатель, доцент кафедры «Ветеринарная интернатура», email: aleshukina@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-7503-0608

²соискатель, старший преподаватель, специалист по учебно-методической работе кафедры «Ветеринарная интернатура», orcid.org/0009-0008-6980-1670

³ведущий научный сотрудник «лаборатории» санитарно-паразитологического мониторинга, медицинской паразитологии и иммунологии, orcid.org/0000-0001-8487-2313

⁴д-р биол. наук, проф., и.о. ректора, orcid.org/0000-0002-9834-3989

РЕФЕРАТ

Точная видовая идентификация паразитических нематод медицинского и ветеринарного значения остаётся актуальной проблемой современной паразитологии. Традиционные морфологические методы не всегда достаточно информативны при работе с близкородственными видами, повреждёнными экземплярами или объектами с неполной сохранностью диагностических признаков. Молекулярно-генетические подходы, несмотря на высокую точность, требуют значительных временных и материальных затрат, что ограничивает их применение в рутинной диагностике. В связи с этим перспективным направлением является использование MALDI-TOF масс-спектрометрии — метода, основанного на регистрации видоспецифических белковых профилей, который уже зарекомендовал себя в микробиологии и активно внедряется в паразитологию. Цель настоящего исследования — анализ белковых масс-спектрометрических профилей четырёх видов паразитических нематод (*Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens*, *Ascaris suum* и *Ascaris lumbricoides*) и оценка информативности MALDI-TOF MS для их сравнительной характеристики и видовой дифференциации. В исследовании проанализированы масс-спектрометрические профили четырех представителей нематод. Для каждого вида получены воспроизводимые спектры в диапазоне m/z 2000–20000, в которых идентифицированы как общие для близкородственных таксонов, так и вариабельные компоненты. Межвидовые различия проявлялись в распределении сигналов, частоте регистрации отдельных пиков и их интенсивности. Применение методов многомерного анализа — кластерного анализа и метода главных компонент (PCA) — продемонстрировало группирование спектральных профилей в соответствии с видовой принадлежностью образцов. Наиболее выраженное разделение наблюдалось между представителями родов *Ascaris* и *Dirofilaria*, что отражает существенные различия в их белковом составе. Полученные результаты подтверждают высокий дифференцирующий потенциал MALDI-TOF MS для характеристики паразитических нематод. Сформированные спектральные данные могут быть использованы для пополнения референсных библиотек и совершенствования алгоритмов идентификации гельминтов, что в перспективе позволит внедрить данный метод в практику лабораторной диагностики.

Ключевые слова: MALDI-TOF MS, масс-спектрометрия, белковые профили, паразитические нематоды, *Dirofilaria*, *Ascaris*, видовая дифференциация, сравнительный анализ, воспроизводимость спектров, протеомный анализ.

Для цитирования: Березинская И.С., Потапенко И.О., Нагорный С.А., Ермаков А.М. Масс-спектрометрический анализ нематод *Dirofilaria* и *Ascaris* методом MALDI-TOF MS. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:89-97. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.89>

MASS SPECTROMETRIC ANALYSIS OF NEMATODES *DIROFILARIA* AND *ASCARIS* USING MALDI-TOF MS

Iraida S. Berezinskaya^{1✉}, Igor OI. Potapenko², Sergey An. Nagorny³, Alexey M. Ermakov⁴

^{1,2}Don State Technical University, Russian Federation

³Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology (Rospotrebnadzor), Russian Federation

⁴Don State Agrarian University, Russian Federation

¹Degree applicant, Associate Professor, Department of Veterinary Internship, email: aleshukina@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-7503-0608

²Degree applicant, Senior Lecturer, Specialist in Educational and Methodological Work, Department of Veterinary Internship, orcid.org/0009-0008-6980-1670

³Leading Researcher, Laboratory of Sanitary-Parasitological Monitoring, Medical Parasitology, and Immunology, orcid.org/0000-0001-8487-2313

⁴Doctor of Biological Sciences, Professor, Acting Rector, orcid.org/0000-0002-9834-3989 4 Doctor of Biological

ABSTRACT

Accurate species-level identification of parasitic nematodes of medical and veterinary importance remains a pressing challenge in modern parasitology. Traditional morphological methods are often insufficiently informative when dealing with closely related species, damaged specimens, or objects with incomplete preservation of diagnostic features. Molecular genetic approaches, despite their high accuracy, require considerable time and material costs, which limits their application in routine diagnostics. In this regard, the use of MALDI-TOF mass spectrometry—a method based on the detection of species-specific protein profiles—represents a promising direction. This technique has already proven itself in microbiology and is being actively introduced into parasitology.

The aim of this study was to analyze the protein mass spectrometric profiles of four species of parasitic nematodes (*Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens*, *Ascaris suum*, and *Ascaris lumbricoides*) and to evaluate the informativeness of MALDI-TOF MS for their comparative characterization and species differentiation.

In this study, mass spectrometric profiles of four nematode representatives were analyzed. Reproducible spectra were obtained for each species in the m/z range of 2000–20000, in which both components common to closely related taxa and variable components were identified. Interspecies differences were manifested in the distribution of signals, the frequency of detection of individual peaks, and their intensities. The application of multivariate analysis methods—cluster analysis and principal component analysis (PCA)—demonstrated the grouping of spectral profiles according to the species identity of the samples. The most pronounced separation was observed between representatives of the genera *Ascaris* and *Dirofilaria*, reflecting substantial differences in their protein composition.

The obtained results confirm the high differentiating potential of MALDI-TOF MS for the characterization of parasitic nematodes. The generated spectral data can be used to expand reference libraries and improve helminth identification algorithms, which in the future will enable the implementation of this method into laboratory diagnostic practice.

Key words: MALDI-TOF MS, mass spectrometry, protein profiles, parasitic nematodes, *Dirofilaria*, *Ascaris*, species differentiation, comparative analysis, spectral reproducibility, proteomic analysis.

For citation: Berezinskaya I.S., Potapenko I.O., Nagorny S.A., Ermakov A.M. Mass spectrometric analysis of nematodes *Dirofilaria* and *Ascaris* using MALDI-TOF MS. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:89-97. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.89>

ВВЕДЕНИЕ

Нематоды являются одной из наиболее значимых групп гельминтов, имеющих важное медицинское и ветеринарное значение. Представители данного типа вызывают заболевания человека и животных. Эти инвазии характеризуются широким распространением, разнообразием клинических проявлений и значительным экономическим ущербом для животноводства [1]. Высокое видовое разнообразие, сложность жизненных циклов и способность поражать широкий круг хозяев определяют необходимость разработки современных подходов к изучению и идентификации данных паразитов [2].

Особое значение среди паразитических нематод имеют представители родов *Ascaris* и *Dirofilaria*. *Ascaris lumbricoides* является одним из наиболее распространённых возбудителей паразитарных заболеваний человека [3]. *Ascaris suum* является широко распространённым паразитом у свиней и имеет существенное ветеринарное значение с его распространённостью в популяциях домашних свиней [4]. Представители рода *Dirofilaria*, включая *Dirofilaria immitis* и *Dirofilaria repens*, являются возбудителями диروفилариоза животных и человека. Диروفилариоз зарегистрирован в различных регионах России, в том числе в Центрально-Черноземном регионе, при этом *D. immitis* и *D. repens* выявлялись у собак в Ростовской области, где также отмечены случаи диروفилариоза у людей [5,6]. В последние десятилетия отмечается расширение ареала диروفилариоза, что связывают с изменением климатических усло-

вий и увеличением численности переносчиков — комаров родов *Culex* и *Aedes* [7, 8]. Медицинская и ветеринарная значимость данных видов, а также необходимость их точной идентификации определяют актуальность разработки современных методов исследования паразитических нематод.

Традиционно идентификация гельминтов основывается на морфологических признаках. Однако данный подход требует высокой квалификации специалиста и может быть ограничен при исследовании близкородственных видов, повреждённых экземпляров или объектов с недостаточной сохранностью морфологических характеристик [9]. Молекулярно-генетические методы, такие как ПЦР и секвенирование, обладают высокой точностью, однако требуют специализированного оборудования, дополнительных этапов подготовки материала и значительных временных затрат, что ограничивает их применение в рутинной диагностике. В связи с этим актуальным направлением является поиск методов, позволяющих получать дополнительные объективные характеристики биологических объектов на основе анализа их молекулярного состава.

Одним из перспективных подходов является MALDI-TOF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry), основанная на регистрации белковых профилей исследуемых организмов. Данный метод широко применяется для идентификации биологических объектов, а в последние годы активно рассматривается возможность его использования для видовой идентификации гельминтов [10,11]. Полу-

ченный масс-спектр представляет собой совокупность пиков, отражающих особенности белкового состава исследуемого объекта и формирующий характерный молекулярный профиль.

В последние годы область применения MALDI-TOF масс-спектрометрии расширяется и включает исследование паразитических организмов, в том числе гельминтов. Результаты систематических обзоров и экспериментальных работ демонстрируют перспективность использования данного метода для характеристики и дифференциации различных групп паразитов, включая трематод, цестод и нематод [11, 12]. Вместе с тем применение MALDI-TOF MS в гельминтологии ограничивается недостаточным количеством референсных спектров и отсутствием специализированных баз данных для многих видов паразитических нематод, а также сложностью подготовки образцов, связанной с их многоклеточной структурой [3,11]. Отечественными исследователями также отмечается необходимость накопления спектральных данных и формирования референсных библиотек для паразитических нематод медицинского и ветеринарного значения [14].

Особый интерес представляет изучение представителей родов *Dirofilaria* и *Ascaris*, поскольку данные паразиты имеют выраженное медицинское и ветеринарное значение, а особенности их белковых масс-спектрометрических профилей изучены недостаточно. В работах Нагорного С.А. с соавторами продемонстрирована принципиальная возможность дифференциации диروفиларий методом MALDI-TOF MS, однако референсные спектры для большинства географических изолятов отсутствуют [14]. В отношении аскарид подобные работы единичны и не позволяют сформировать надёжные диагностические алгоритмы [3]. Получение и анализ спектральных характеристик этих видов позволяют расширить возможности применения MALDI-TOF MS в паразитологии и создать основу для дальнейшего совершенствования методов видовой дифференциации нематод [3, 13, 14].

Цель исследования являлось оценить возможности применения MALDI-TOF масс-

спектрометрии для характеристики белковых профилей и видовой дифференциации паразитических нематод медицинского и ветеринарного значения на примере представителей родов *Dirofilaria* и *Ascaris*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование брались половозрелые особи нематод медицинского и ветеринарного значения: *D. repens* (n=50), *D. immitis* (n=50), *A. suum* (n=20) и *A. lumbricoides* (n=25).

Перед масс-спектрометрическим анализом образцы промывали в изотоническом растворе хлорида натрия. Материал подвергали механической гомогенизации ультразвуком в замороженном состоянии с повторной обработкой для получения однородной белковой суспензии.

Пробоподготовку материала для последующей идентификации на масс-спектрометре, проводили по модифицированным протоколам MALDI Sepsityper Kit 50 (Bruker Daltonics) и «Экстракция муравьиной кислотой». Полученные экстракты наносили на мишень с использованием α -циано-4-гидроксикоричной кислоты в качестве матрицы.

Масс-спектрометрический анализ выполняли на приборе Microflex LT MALDI-TOF (Bruker Daltonics, Германия) в диапазоне m/z 2000–20000. Для каждого образца получали 3–4 технических повтора, регистрация спектров выполнялась с использованием 240 лазерных импульсов.

Обработку данных проводили с использованием программного обеспечения FlexControl, FlexAnalysis 3.3, MALDI Biotyper и пакета MALDIquant среды R. Выполняли сглаживание, вычитание базовой линии, нормализацию и выравнивание спектров. Анализ полученных профилей включал оценку воспроизводимых пиков, частоты их регистрации и интенсивности сигналов.

Для оценки различий между исследуемыми видами применяли методы главных компонент (PCA) и кластерный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая характеристика масс-спектрометрических профилей исследованных нематод.

В результате исследования получены воспро-

Таблица 1. Основные воспроизводимые масс-спектрометрические профили исследованных нематод
Table 1. Main reproducible mass spectrometric profiles of the studied nematodes

Вид	Наиболее воспроизводимые пики m/z	Частота встречаемости, %
<i>D. immitis</i>	2085,5	85 %
	2314,8	82 %
	3440,1	78 %
<i>D. repens</i>	2076,5	89 %
	3367,4	92 %
	3438,6	96 %
<i>A. suum</i>	2077,7	98 %
	3774,3	94 %
	6313,6	92 %
	2046,3	88 %
	6789,6	86 %
<i>A. lumbricoides</i>	2076,9	100 %
	3779,2	100 %
	2090,3	99 %
	4269,3	99 %
	4270,8	97 %

изводимые масс-спектрометрические профили четырёх видов паразитических нематод: *D. repens*, *D. immitis*, *A. suum* и *A. lumbricoides*.

Полученные спектры характеризовались наличием комплекса белковых компонентов, формирующих индивидуальные профили исследованных видов. Анализ спектральных данных показал различия между образцами по распределению сигналов, интенсивности и частоте регистрации отдельных пиков (табл. 1).

Анализ полученных масс-спектрометрических профилей позволил выявить особенности распределения белковых компонентов у исследованных видов нематод.

Для *D. immitis* наиболее воспроизводимыми пиками являлись m/z 2085,5, 2314,8 и 3440,1, зарегистрированные в 85, 82 и 78% спектров. Основная часть наиболее воспроизводимых компонентов относилась к низкомолекулярной области (до 3500 m/z). Наиболее выраженным являлся пик m/z 2085,5 со средней интенсивностью 12 450 условных единиц. Коэффициент вариации основных компонентов находился в диапазоне 10,8–13,2%, что указывает на умеренную вариабельность отдельных спектральных признаков. Значения отношения сигнал/шум (S/N) составляли 6,5–8,2.

У *D. repens* выявлена высокая воспроизводимость отдельных компонентов белкового профиля. Наиболее воспроизводимыми являлись пики m/z 2076,5, 3367,4 и 3438,6, зарегистрированные в 89, 92 и 96% спектров соответственно. Наиболее стабильным являлся компонент m/z 3438,6, характеризовавшийся высокой частотой регистрации (96%), интенсивностью 11 234 условных единицы, значением S/N 32,1 и коэффициентом вариации 6,7%. Пик m/z 3367,4 также отличался высокой воспроизводимостью (92%) и низкой вариабельностью (CV 8,9%), что свидетельствует о стабильности формирования масс-спектрометрического профиля данного вида.

Для *A. suum* отмечено наличие широкого диапазона регистрируемых компонентов (m/z 2000–6800). Наиболее воспроизводимым являлся пик m/z 2077,7, выявленный в 98% спектров. Компонент m/z 6313,6 характеризовался высокой стабильностью (S/N 47,4; CV 7,2%) и представлял интерес как потенциально видоспецифический компонент профиля. Наиболее интенсивным являлся пик m/z 3774,3 (15 053 условных единицы; S/N 37,9). Значения коэффициента вариации основных компонентов находились в диапазоне 7,2–10,3%.

Профиль *A. lumbricoides* характеризовался высокой воспроизводимостью отдельных компонентов. Пики m/z 2076,9 и 3779,2 регистрировались в 100% спектров, а компоненты m/z 2090,3, 4269,3 и 4270,8 — в 99–97% случаев. Особый интерес представляли пики m/z 4269,3 и 4270,8, характеризовавшиеся высокими значениями S/N (54,3 и 111,8 соответственно) и отсутствием в спектрах других исследованных видов. Пик m/z 3779,2 являлся наиболее интенсивным компонентом профиля (35 152 условных единицы; S/N 68,7). Значения коэффициента вариации основных компонентов находились в диапазоне 4,9–8,8%, что указывает на высокую стабильность

спектрального профиля.

Для оценки качества полученных данных анализировали основные характеристики спектров, включая диапазон значений m/z , отношение сигнал/шум (S/N) и воспроизводимость регистрации отдельных компонентов.

Для *D. repens* доля спектров со значением S/N >10 составила 60,9%, при этом интенсивность зарегистрированных сигналов варьировала в широком диапазоне.

Для *A. suum* спектральные профили характеризовались диапазоном m/z 2000–6800; доля спектров со значением S/N >10 составила 64,8%, а значения коэффициента вариации находились в пределах 7–15%.

Для *A. lumbricoides* зарегистрированы масс-спектрометрические профили в диапазоне m/z 2000–15 440, характеризующиеся высокой воспроизводимостью отдельных компонентов белкового состава.

Полученные результаты свидетельствуют о стабильности формирования масс-спектрометрических профилей и возможности их дальнейшего использования для сравнительной характеристики исследованных нематод.

При сравнении белковых профилей представителей рода *Dirofilaria* выявлены как общие компоненты, характерные для близкородственных видов, так и различия в распределении отдельных масс-спектрометрических сигналов.

Установлено, что профили *D. immitis* и *D. repens* различались по распределению компонентов в области высоких значений m/z . Для *D. immitis* были характерны сигналы в диапазоне m/z 8600–10400, тогда как у *D. repens* отмечался выраженный компонент около m/z 11 400 (рис. 1). Полученные различия могут представлять интерес для дальнейшей оценки возможности использования отдельных компонентов спектров в качестве дополнительных признаков при сравнительной характеристике близкородственных видов.

Анализ профилей *A. suum* и *A. lumbricoides* выявил наличие устойчивых компонентов белкового состава, характерных для представителей рода.

Для *A. suum* наиболее часто регистрируемыми сигналами являлись m/z 2077,7 (98%), 3774,3 (94%), 6313,6 (92%), 2046,3 (88%) и 6789,6 (86%).

В спектрах *A. lumbricoides* наиболее воспроизводимыми являлись пики m/z 2076,9 (100%), 3779,2 (100%), 2090,3 (99%), 4269,3 (99%) и 4270,8 (97%).

Сравнение профилей двух видов показало наличие общих компонентов белкового состава, а также различий в распределении отдельных сигналов, представляющих интерес для последующей видовой характеристики (рис. 2).

Для оценки взаимного сходства масс-спектрометрических профилей исследованных нематод проведены кластерный анализ и анализ методом главных компонент (PCA). При кластерном анализе спектральные профили группировались преимущественно в соответствии с видовой принадлежностью образцов (рис. 3). Наиболее выраженное разделение наблюдалось между представителями родов *Dirofilaria* и *Ascaris*, что отражало различия в общей структуре их белко-

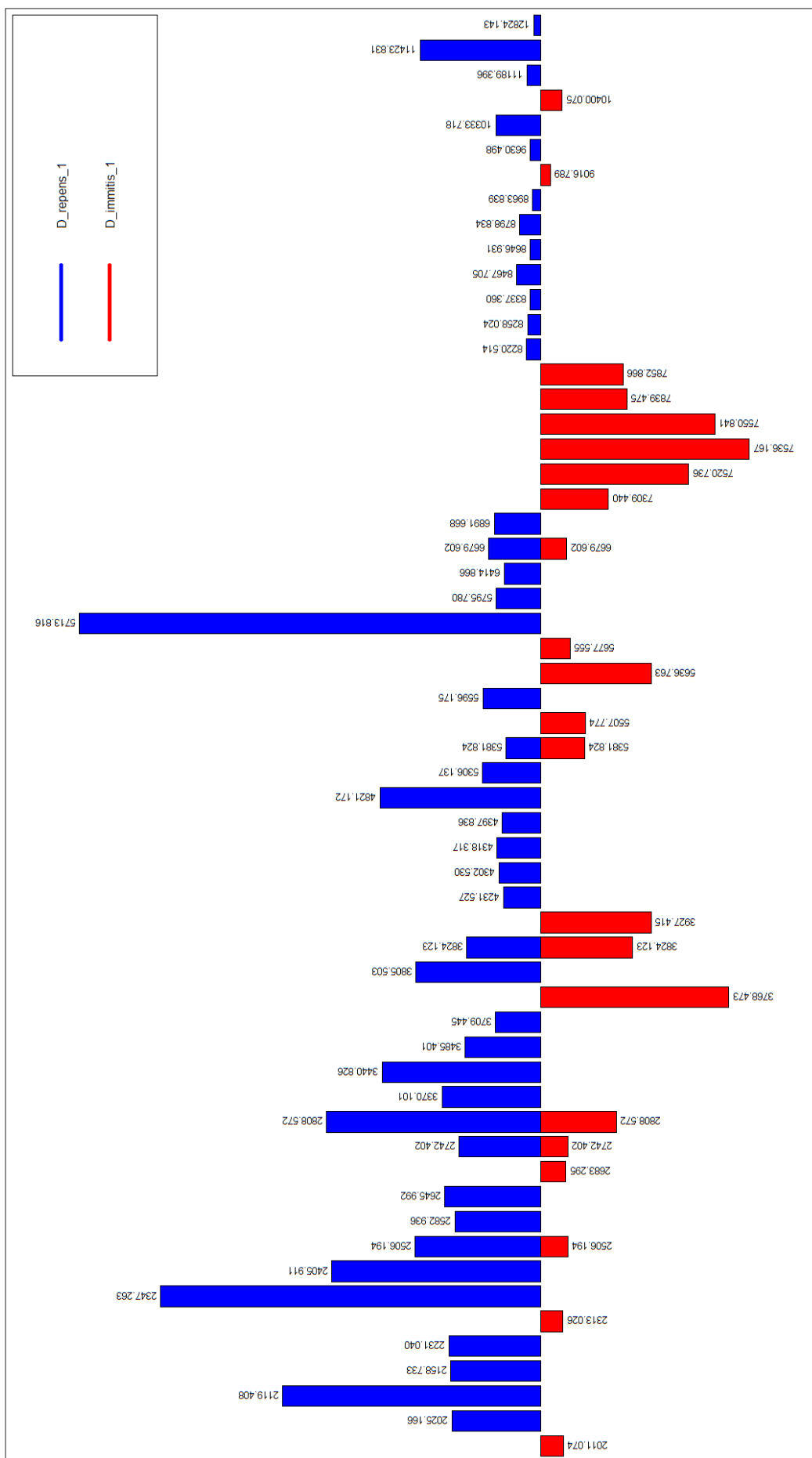


Рисунок 1. Сравнение масс-спектрометрических профилей *D. immitis* и *D. repens*: распределение основных и переменных компонентов
Figure 1. Comparison of the mass spectrometric profiles of *D. immitis* and *D. repens*: distribution of principal and variable components.

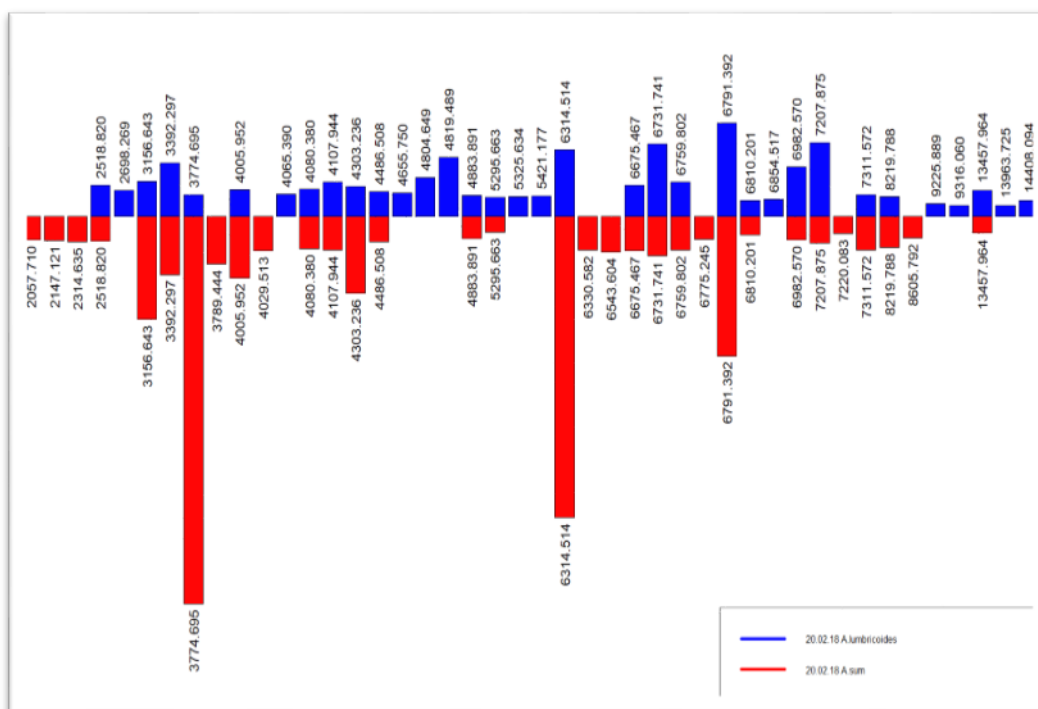


Рисунок 2. Распределение наиболее воспроизводимых масс-спектрометрических компонентов представителей рода *Ascaris*.

Figure 2. Distribution of the most consistently detected mass spectrometric components in representatives of the genus *Ascaris*.

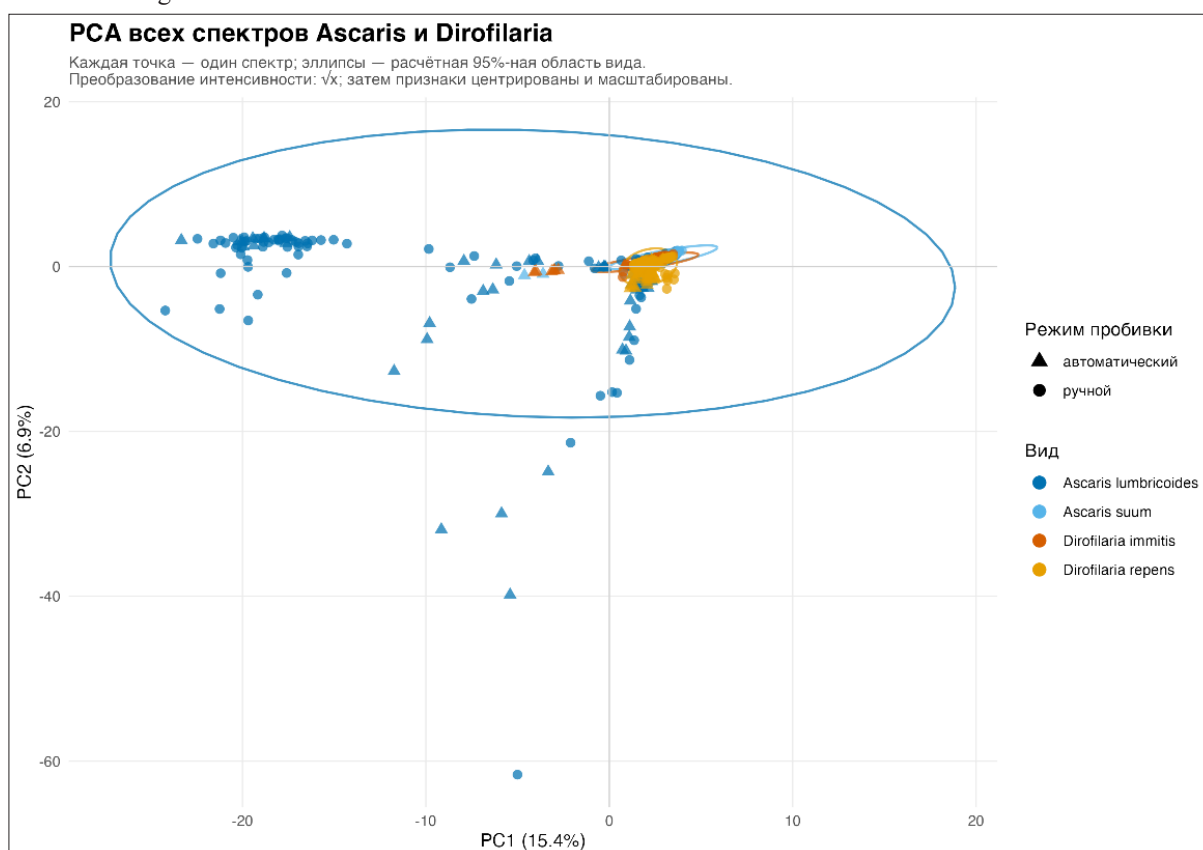


Рисунок 3. Результаты анализа главных компонент (PCA) масс-спектрометрических профилей четырёх видов паразитических нематод

Figure 3. Principal component analysis (PCA) of the mass spectrometric profiles of four species of parasitic nematodes

вых масс-спектрометрических профилей.

Анализ методом главных компонент также

продемонстрировал группирование спектров в соответствии с видовой принадлежностью. Про-

фили *D. immitis* и *D. repens* формировали отдельные группы, при этом наблюдалось их взаимное расположение в пределах общей области распределения представителей рода *Dirofilaria*. Спектры *A. suum* и *A. lumbricoides* также формировали самостоятельные группы, отличавшиеся от профилей *Dirofilaria*.

Таким образом, результаты кластерного анализа и PCA отражали наличие межвидовых различий в масс-спектрометрических профилях исследованных нематод. При этом наиболее выраженные различия наблюдались на уровне родовой принадлежности, тогда как профили близкородственных видов демонстрировали большее сходство.

Применение MALDI-TOF масс-спектрометрии для исследования паразитических организмов является одним из перспективных направлений современной паразитологии. В настоящее время применение MALDI-TOF MS для гельминтов активно развивается, однако остаётся ограниченным недостаточным количеством референсных спектров для большинства паразитических видов и отсутствием специализированных баз данных, аналогичных существующим для микроорганизмов [4,12].

В настоящем исследовании проведена характеристика масс-спектрометрических профилей четырёх видов паразитических нематод медицинского и ветеринарного значения: *D. repens*, *D. immitis*, *A. suum* и *A. lumbricoides*. Полученные результаты показали возможность формирования стабильных белковых профилей исследованных видов и выявления воспроизводимых компонентов, характеризующих особенности их спектрального состава.

Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность MALDI-TOF MS при работе с гельминтами, является стандартизация этапов подготовки материала. В отличие от бактериальных объектов, для которых накоплены значительные объёмы спектральных данных, паразитические нематоды характеризуются более сложной структурой, а особенности тканевого состава могут влиять на формирование спектра. Поэтому получение воспроизводимых профилей отдельных видов является необходимым этапом для дальнейшего развития метода и создания специализированных коллекций масс-спектров [4,12].

Полученные нами данные показали наличие устойчивых компонентов белковых профилей у всех исследованных видов. Выявление воспроизводимых пиков свидетельствует о том, что MALDI-TOF MS позволяет получать информативные спектральные характеристики паразитических нематод и использовать их для сравнительного анализа. Аналогичный подход ранее был продемонстрирован при исследовании различных групп гельминтов, где анализ белковых профилей позволял выявлять различия между близкородственными видами и формировать основу для создания референсных спектральных библиотек [12,13].

Особый интерес представляют результаты исследования представителей рода *Dirofilaria*. Близкое морфологическое сходство *D. immitis* и *D. repens* определяет необходимость поиска дополнительных методов их дифференциации. При этом инфекция *D. immitis* у собак может сопровождаться изменениями функционального состояния печени, что подчёркивает ветеринарное значение дан-

ного вида [14]. В настоящей работе установлено наличие как общих компонентов белкового профиля, характерных для представителей рода, так и различий в распределении отдельных масс-спектрометрических сигналов. Полученные данные согласуются с современными исследованиями, направленными на разработку MALDI-TOF MS подходов для анализа диروفиларий, где также отмечается необходимость формирования видо-специфических белковых профилей для последующей идентификации паразитов [14].

Для представителей рода *Ascaris* также выявлены устойчивые характеристики белковых профилей. Несмотря на наличие общих компонентов, обусловленных таксономическим родством видов *A. suum* и *A. lumbricoides* характеризовались различиями в частоте регистрации отдельных сигналов. Это подтверждает возможность использования MALDI-TOF MS для дополнительной характеристики близкородственных нематод, имеющих различное медицинское и ветеринарное значение.

Результаты кластерного анализа и метода главных компонент показали закономерное группирование исследованных образцов в соответствии с видовой принадлежностью. Наиболее выраженное разделение наблюдалось между представителями родов *Ascaris* и *Dirofilaria*, что отражает различия в составе их белковых профилей. Полученные данные подтверждают, что масс-спектрометрические характеристики могут отражать таксономические особенности паразитических нематод.

Таким образом, проведённое исследование расширяет представления о возможностях применения MALDI-TOF MS в паразитологии. Полученные масс-спектрометрические характеристики четырёх видов нематод могут служить основой для дальнейшего накопления данных, совершенствования алгоритмов анализа и формирования специализированных референсных спектральных баз для идентификации паразитических организмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом MALDI-TOF масс-спектрометрии получены воспроизводимые белковые профили четырёх видов паразитических нематод медицинского и ветеринарного значения: *D. repens*, *D. immitis*, *A. suum* и *A. lumbricoides*.

Исследованные виды характеризовались комплексом общих и переменных масс-спектрометрических компонентов, различающихся по значениям m/z , частоте регистрации и интенсивности сигналов. Определены наиболее воспроизводимые пики, отражающие особенности белковых профилей изученных нематод.

При сравнительном анализе установлены особенности масс-спектрометрических профилей представителей родов *Dirofilaria* и *Ascaris*. Для видов *Dirofilaria* выявлены различия в распределении отдельных компонентов спектров, включая область высоких значений m/z , тогда как представители рода *Ascaris* характеризовались наличием как общих, так и переменных белковых компонентов.

Результаты кластерного анализа и метода главных компонент (PCA) продемонстрировали группирование спектральных профилей в соответствии с видовой принадлежностью исследо-

ванных образцов. Наиболее выраженное разделение выявлено между представителями родов *Ascaris* и *Dirofilaria*.

Полученные результаты подтверждают перспективность применения MALDI-TOF масс-

спектрометрии для характеристики белковых профилей паразитических нематод и могут быть использованы при формировании специализированных референсных спектральных баз данных для дальнейшего развития методов идентификации гельминтов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Charlier J., Rinaldi L., Musella V. et al. Initial assessment of the economic burden of major parasitic helminth infections to the ruminant livestock industry in Europe. *Preventive Veterinary Medicine*. 2020;182:05103.
2. Sy I., Conrad L., Becker S. L. et al. Recent advances and potential future applications of MALDI-TOF mass spectrometry for identification of helminths. *Diagnostics*. 2022;12(12):3035.
3. Holland C., Sepidarkish M., Deslyper G. et al. Global prevalence of *Ascaris* infection in humans (2010–2021): a systematic review and meta-analysis. *Infectious Diseases of Poverty*. 2022;11:113.
4. Sparks A.M., Betson M., Oviedo G., Sandoval C., Cooper P.J., Stothard J.R. Characterization of *Ascaris* from Ecuador and Zanzibar. *Journal of Helminthology*. 2014 Jun 16;89(4):512–515. doi: 10.1017/S0022149X14000431
5. Беспалова Н.С., Степкин Ю.И., Золотых Т.А. Новые аспекты эпизоотологии и эпидемиологии диروفилариоза в Центрально-Черноземном регионе России. *Ветеринарная патология*. 2016;1 (55): 23–30.
6. Kartashev V., Batashova I., Kartashov S., Ermakov A., Mironova A., Kuleshova Y., Ilyasov B., Kolodiy I., Klyuchnikov A., Ryabikina E., Babicheva M., Levchenko Y., Pavlova R., Pantchev N., Morchón R., Simón F. Canine and human dirofilariosis in the Rostov region (southern Russia). *Vet Med Int*. 2011 Jan 2;2011:685713. doi: 10.4061/2011/685713. PMID: 21253482; PMCID: PMC3022198.
7. Genchi C., Kramer L. H. The prevalence of *D. immitis* and *D. repens* in the Old World. *Veterinary Parasitology*. 2020;280:108995. doi: 10.1016/j.vetpar.2019.108995
8. Morchón R., Carretón E., González-Miguel J., Mellado-Hernández I. Heartworm disease (*Dirofilaria immitis*) and their vectors in Europe — new distribution trends. *Frontiers in Physiology*. 2012;3:196. doi: 10.3389/fphys.2012.00196
9. Bradbury R.S., Sapp S.G.H., Potters I. et al. Where have all the diagnostic morphological parasitologists gone? *Journal of Clinical Microbiology*. 2022;60(11): e00986-22. doi: 10.1128/jcm.00986-22
10. Feucherolles M., Poppert S., Utzinger J., Becker S. L. et al. MALDI-TOF mass spectrometry as a diagnostic tool in human and veterinary helminthology: a systematic review. *Parasites & Vectors*. 2019;12:245. doi: 10.1186/s13071-019-3493-9
11. Marzano V., Pane S., Foglietta G. et al. Mass spectrometry based-proteomic analysis of *Anisakis spp.*: a preliminary study towards a new diagnostic tool. *Genes*. 2020;11(6):693. doi: 10.3390/genes11060693
12. Асланова М.М., Ракитина Д.В., Мания Т.Р., Абрамов И.А., Сергиев В.П. MALDI-TOF масс-спектрометрический анализ возбудителей паразитарных болезней: современное состояние и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2022;101(5): 583–588.
13. Нагорный С.А., Алешукина А.В., Алешукина И.С., Ермакова Л.А. Использование метода MALDI-TOF MS для видовой дифференциации нематод (на примере изучения белковых профилей аскаридат и диروفиларий). *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*. 2020;21:267–275.
14. Кочеткова А. Ю., Колмакова Т. С., Колодий И. В., Ермаков А. М. Некоторые показатели состояния функциональных проб печени у собак при *D. immitis* (Leydi, 1856). *Ветеринарная патология*. 2012;4(42): 52–54.

REFERENCES

1. Charlier J., Rinaldi L., Musella V. et al. Initial assessment of the economic burden of major parasitic helminth infections to the ruminant livestock industry in Europe. *Preventive Veterinary Medicine*. 2020;182:05103.
2. Sy I., Conrad L., Becker S. L. et al. Recent advances and potential future applications of MALDI-TOF mass spectrometry for identification of helminths. *Diagnostics*. 2022;12(12):3035.
3. Holland C., Sepidarkish M., Deslyper G. et al. Global prevalence of *Ascaris* infection in humans (2010–2021): a systematic review and meta-analysis. *Infectious Diseases of Poverty*. 2022;11:113.
4. Sparks A.M., Betson M., Oviedo G., Sandoval C., Cooper P.J., Stothard J.R. Characterization of *Ascaris* from Ecuador and Zanzibar. *Journal of Helminthology*. 2014 Jun 16;89(4):512–515. doi: 10.1017/S0022149X14000431
5. Bepalova N.S., Stepkin Yu.I., Zolotych T.A. New aspects of the epizootiology and epidemiology of dirofilariosis in the Central Black Earth region of Russia. *Veterinary Pathology*. 2016;1 (55): 23–30. (in Russ)
6. Kartashev V., Batashova I., Kartashov S., Ermakov A., Mironova A., Kuleshova Y., Ilyasov B., Kolodiy I., Klyuchnikov A., Ryabikina E., Babicheva M., Levchenko Y., Pavlova R., Pantchev N., Morchón R., Simón F. Canine and human dirofilariosis in the Rostov region (southern Russia). *Vet Med Int*. 2011 Jan 2;2011:685713. doi: 10.4061/2011/685713. PMID: 21253482; PMCID: PMC3022198.
7. Genchi C., Kramer L. H. The prevalence of *D. immitis* and *D. repens* in the Old World. *Veterinary Parasitology*. 2020;280:108995. doi: 10.1016/j.vetpar.2019.108995
8. Morchón R., Carretón E., González-Miguel J., Mellado-Hernández I. Heartworm disease (*Dirofilaria immitis*) and their vectors in Europe - new distribution trends. *Frontiers in Physiology*. 2012;3:196. doi: 10.3389/fphys.2012.00196

9. Bradbury R.S., Sapp S.G.H., Potters I. et al. Where have all the diagnostic morphological parasitologists gone? *Journal of Clinical Microbiology*. 2022;60(11): e00986-22. doi: 10.1128/jcm.00986-22
10. Feucherolles M., Poppert S., Utzinger J., Becker S. L. et al. MALDI-TOF mass spectrometry as a diagnostic tool in human and veterinary helminthology: a systematic review. *Parasites & Vectors*. 2019;12:245. doi: 10.1186/s13071-019-3493-9
11. Marzano V., Pane S., Foglietta G. et al. Mass spectrometry based-proteomic analysis of *Anisakis spp.*: a preliminary study towards a new diagnostic tool. *Genes*. 2020;11(6):693. doi: 10.3390/genes11060693
12. Aslanova M.M., Rakitina D.V., Maniya T.R., Abramov I.A., Sergiev V.P. MALDI-TOF mass spectrometric analysis of causative agents of parasitic diseases: current status and prospects. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation)*. 2022;101(5): 583–588. (in Russ)
13. Nagorny S.A., Aleshukina A.V., Aleshukina I.S., Ermakova L.A. Use of the MALDI-TOF MS method for species differentiation of nematodes (based on the study of protein profiles of ascaridids and dirofilariae). *Theory and Practice of Combating Parasitic Diseases*. 2020;21:267–275. (in Russ)
14. Kochetkova A.Yu., Kolmakova T.S., Kolodiy I.V., Ermakov A.M. Certain indicators of liver function tests in dogs with *D. immitis* (Leidy, 1856). *Veterinary Pathology*. 2012;4(42): 52–54. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 10.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026



АНАЛИЗ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА КОРОВ ПРИ ОСЛОЖНЕНИИ ПАТОЛОГИЧЕСКИМИ РОДАМИ: ПОИСК ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

Алексей Яковлевич Батраков^{1✉}, Анастасия Александровна Никитина², Георгий Сергеевич Никитин³

^{1,2,3} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹ д-р ветеринар. наук, проф., кафедра генетических и репродуктивных биотехнологий, email: batrakov@interchemmet.com, orcid.org/0000-0002-3021-1269

² канд. ветеринар. наук, доц., кафедра клинической диагностики, orcid.org/0000-0002-9458-3432

³ канд. ветеринар. наук, доц., кафедра генетических и репродуктивных биотехнологий, orcid.org/0000-0002-2080-2970

РЕФЕРАТ

Настоящее исследование посвящено идентификации прогностических маркеров метаболических нарушений у коров, ассоциированных с патологическими родами. Для гематологического анализа применялся гематологический анализатор Mindrey BC-2800 Vet. (Германия), для биохимического анализа крови – Chem Well combi Models 2902 and 2910 (США, Флорида). Анализ мочи проводился с использованием анализатора LabUReader Plus 2 (Венгрия). Исследования проводились в сухостойный период у клинически здоровых животных, у которых впоследствии развились осложненные роды. Установлено достоверное снижение популяций Т-хелперов и Т-супрессоров в перипартуманальном периоде у сухостойных коров с осложненными родами. Снижение количества Т-хелперов составило 32,8% ($p < 0,001$), а Т-супрессоров – 30,9% ($p < 0,001$). У коров с последующим задержанием последа в родах отмечено трехкратное снижение количества НСТ-клеток ($p < 0,001$) и одновременное снижение иммунореактивного индекса (ИРИ). Также выявлено достоверное уменьшение количества крупных ЦИК на 67,2% ($p < 0,001$) и средних ЦИК на 40,1% ($p < 0,001$), в то время как количество мелких ЦИК увеличилось на 52,4%, что коррелировало с последующим задержанием последа. Уровень церулоплазмينا у коров с осложнением родов колебался в диапазоне от $25,57 \pm 1,42$ до $33,81 \pm 1,23$ мг/дл, что достоверно отличалось от контрольной группы клинически здоровых животных ($19,55 \pm 0,43$ до $20,94 \pm 0,55$ мг/дл, $p < 0,05$). Тест с нитросиним тетразолием (НСТ–тест) показал достоверное увеличение у коров с задержанием последа ($0,48 \pm 0,01$ у.е.) по сравнению с клинически здоровыми животными ($0,35 \pm 0,01$ у.е., $p < 0,05$). Осложнение родов приводит к метаболическим нарушениям, характеризующимся отрицательным балансом, повышенным выделением и концентрацией кортизола и тестостерона.

Ключевые слова: Беременность, роды коров, патология родов, моча.

Для цитирования: Батраков А.Я., Никитина А.А., Никитин Г.С. Анализ метаболического статуса коров при осложнении патологическими родами: поиск прогностических маркеров. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:98-104. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.98>

ANALYSIS OF THE METABOLIC STATUS OF COWS COMPLICATED BY PATHOLOGICAL CALVING: A SEARCH FOR PROGNOSTIC MARKERS

Alexey Ya. Batrakov^{1✉}, Anastasia A. Nikitina², Georgy S. Nikitin³

^{1,2,3} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹ Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, email: batrakov@interchemmet.com, orcid.org/0000-0002-3021-1269

² Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Clinical Diagnostics, orcid.org/0000-0002-9458-3432

³ Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, orcid.org/0000-0002-2080-2970

ABSTRACT

This study focuses on identifying prognostic markers for metabolic disorders in cows associated with pathological parturition. A Mindray BC-2800 Vet hematology analyzer (Germany) was used for hematological analysis, while Chem Well Combi models 2902 and 2910 (Florida, USA) were used for blood biochemistry. Urinalysis was performed using a LabUReader Plus 2 analyzer (Hungary). The study was conducted during the dry period on clinically healthy animals that subsequently experienced complicated deliveries. A significant decrease in T-helper and T-suppressor cell populations was observed during the periparturient period in dry cows that later experienced complicated deliveries. The reduction in T-helper cells was 32.8% ($p < 0.001$), and the reduction in T-suppressor cells was 30.9% ($p < 0.001$). Cows that subsequently experienced retained placenta showed a threefold decrease in the number of NBT-positive cells ($p < 0.001$) accompanied by a decrease in the immunoreactive index (IRI). A significant reduction was also observed in the levels of large circulating immune complexes (CICs) by 67.2% ($p < 0.001$) and medium CICs by 40.1% ($p < 0.001$), whereas the level of small CICs increased by 52.4%, a change that correlated with subsequent placental retention. Ceruloplasmin levels in cows with calving complications ranged from 25.57 ± 1.42 to 33.81 ± 1.23 mg/dL, differing significantly from the control group of clinically healthy animals (19.55 ± 0.43 to 20.94 ± 0.55 mg/dL, $p < 0.05$). The nitroblue tetrazolium (NBT) test showed a significant increase in cows with re-

tained placenta (0.48 ± 0.01 arbitrary units) compared to clinically healthy animals (0.35 ± 0.01 arbitrary units, $p < 0.05$). Calving complications lead to metabolic disturbances characterized by a negative balance and elevated excretion and concentration of cortisol and testosterone.

Key words: Pregnancy, calving, calving pathology, urine.

For citation: Batrakov A.Ya., Nikitina A.A., Nikitin G.S. Analysis of the metabolic status of cows complicated by pathological calving: a search for prognostic markers. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:98-104. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.98>

ВВЕДЕНИЕ

Современные методы ведения молочного скотоводства приводят к нарушениям в обмене веществ у животных, особенно заметным во время беременности и отела [1]. Эти нарушения часто вызывают проблемы с репродуктивной функцией, приводя к длительному бесплодию коров и значительным финансовым потерям [2,3]. Несмотря на предложения использовать экспресс-тесты для диагностики и профилактики репродуктивных патологий и заболеваний телят [4], до сих пор нет единого мнения о том, как наилучшим образом предсказывать эти проблемы в будущем.

Исследования [5] показывают, что молочный скот страдает от дисбаланса, проявляющегося в снижении уровня энергетических веществ, а также в изменении концентрации метаболических гормонов и инсулиноподобного фактора роста. Нейтрофильные лейкоциты играют ключевую роль в поддержании общего иммунитета и координации иммунных функций организма [6]. Анализируя изменения, происходящие в организме высокопродуктивных коров в сухостойный период [7], ученые пришли к выводу, что основной причиной нарушений в завершении беременности и родов является оксидантный стресс. Этот стресс запускает патологические процессы, ведущие к метаболическим нарушениям. Следовательно, для успешного завершения беременности и родов необходима коррекция энергетического баланса в период подготовки к отелу. Данные [8] указывают на то, что отрицательный энергетический баланс до родов может ослабить способность организма бороться с бактериями в матке, вызывая гнойно-катаральное воспаление после отела и способствуя персистенции бактерий и грибов. Кроме того, истощение запасов глюкозы или глутамина после родов снижает устойчивость тканей матки к бактериальной агрессии и последующим воспалительным реакциям [9]. Это послужило основанием для сравнения фагоцитарной активности нейтрофилов у больных и здоровых животных. Исследователи обнаружили значительное повышение НСТ-теста у больных коров, что свидетельствует о повышенной активности нейтрофилов в воспалительном процессе. Стимуляция нейтрофилов приводит к резкому увеличению их энергетических потребностей, истощению запасов гликогена в цитоплазме и его перераспределению в области, где формируются псевдоподии [10]. По мнению некоторых исследователей, [11], при репродуктивных патологиях отсутствует четкое понимание оптимальных протоколов лечения и профилактики, направленных на восстановление качества молочной продукции и репродуктивной способности сверхпродуктивных молочных коров, что требует дальнейшего изучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения дифференциальной диагностики таких состояний, как осложнения родов, родильный парез, задержание, применялась стандартная методика диспансерного обследования сухостойных коров. Забор крови для исследований осуществлялся утром до кормления из яремной вены в вакуумные пробирки Vacuette™ (Австрия). Для проведения общего анализа крови использовался гематологический анализатор Mindrey BC-2800 Vet. (Германия), а для биохимического анализа крови – сертифицированный биохимический анализатор Chem Well combi Models 2902 and 2910 (США).

Исследования мочи проводились с использованием анализатора LabUReader Plus 2 (Венгрия). Образцы мочи получали в сухостойный период как у клинически здоровых животных, так и у животных с осложнением родов.

НСТ-тест, направленный на оценку фагоцитарной активности лейкоцитов, проводился по методу B.N. Park et al. в модификации М.Д. Вилушкиной (1981). Суть данного теста заключается в способности активированных лейкоцитов восстанавливать бесцветный краситель нитросиний тетразолий (НСТ) до нерастворимого диформазана темно-синего цвета в процессе фагоцитоза, что опосредуется лизосомальным ферментом НАДФ-оксидазой. Для приготовления 0,2%-ного раствора красителя НСТ использовался изотонический раствор хлорида натрия с pH 7,2, который хранился в холодильнике. В качестве красителя тетразолий нитросиний применялся препарат фирмы "Serva" (Heidelberg / New York). Реакция проводилась путем инкубации смеси равных объемов лейкоцитарной взвеси или гепаринизированной крови с 0,2%-ным водным раствором красителя нитросинего тетразолия в термостате при 37 °C с увлажнением в течение 20 минут. После инкубации готовились мазки, которые высушивались и фиксировались спирт-формалиновым раствором (в соотношении 1:9). Затем мазки промывались, высушивались и докрашивались ядра клеток 0,1%-ным водным раствором красителя нейтрального красного в течение 15 минут. Для дополнительной окраски ядер также использовался 2%-ный раствор метилового зеленого (в течение 10 минут). Оценка мазков проводилась в иммерсионной системе микроскопа. Подсчитывалось 100 нейтрофильных гранулоцитов с фиксацией наличия гранул восстановленного красителя темно-синего цвета внутри клеток и голубоватого окрашивания по периферии клетки, что является признаком "респираторного взрыва". Количественный результат НСТ-теста определялся как процент нейтрофилов из 100 подсчитанных клеток, содержащих гранулы восстанов-

ленного диформаза (НСТ-позитивные клетки). Также определялась доля активированных нейтрофилов (ДАН, %) среди 100 клеток, содержащих гранулы диформаза. Активность клеток оценивалась в условных единицах на основе количества отложившегося в них диформаза, и рассчитывался индекс активации нейтрофилов (ИАН) по формуле:

$$\text{ИАН} = (0 \times \text{H0} + 1 \times \text{H1} + 2 \times \text{H2} + 3 \times \text{H3}) / 100$$

где H0, H1, H2, H3 (%) представляют собой количество нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла соответственно.

При этом субпопуляция неактивированных нейтрофилов (Нк) представлена клетками H0, а активированных нейтрофилов (Нка) – клетками H3. Субпопуляция Нс включает клетки H1 и H2. Кроме того, содержание в крови субпопуляций Т-лимфоцитов определялось методом спонтанного розеткообразования с эритроцитами барана при различных режимах инкубации, что позволяет оценить клеточный иммунитет, и оценить их функциональное состояние.

Этот метод, основанный на способности Т-лимфоцитов образовывать комплексы (розетки) с эритроцитами барана, позволяет количественно определить различные субпопуляции Т-клеток, играющих ключевую роль в иммунных реакциях организма. Таким образом, комплексное исследование гематологических, биохимических показателей крови, а также результатов НСТ-теста и определения субпопуляций Т-лимфоцитов, предоставляет всестороннюю информацию для точной дифференциальной диагностики осложнений родов и оценки иммунного статуса сухостойных коров. В дополнение к НСТ-тесту, для оценки иммунного статуса животных проводилось определение субпопуляций Т-лимфоцитов. Этот анализ осуществлялся методом спонтанного розеткообразования с использованием эритроцитов барана при различных режимах инкубации. Данный метод позволяет количественно определить различные субпопуляции Т-клеток, которые играют ключевую роль в иммунных реакциях организма. Таким образом, комплексное исследование гематологических и биохимических показателей крови, результатов НСТ-теста и определения субпопуляций Т-лимфоцитов предоставляет всестороннюю информацию для точной дифференциальной диагностики осложнений родов и оценки иммунного статуса сухостойных коров, точный иммунитет.

Содержание в крови субпопуляций Т-лимфоцитов определяли методом спонтанного розеткообразования с эритроцитами барана при разных режимах инкубации; относительное содержание В-лимфоцитов методом спонтанного розеткообразования с эритроцитами мыши, абсолютное количество указанных субпопуляций Т- и В-лимфоцитов (кл/мм³), соотношение индукторов-хелперов и киллеров супрессоров – расчетным методом.

Количественное определение циркулирующих иммунных комплексов проводили методом основанном на селективной преципитации комплексов антиген-антитело 3,75%-ным раствором

полиэтиленгликоля М-6000 (ПЭГ) с последующим фотометрическим определением плотности преципитата при длине волны (λ) 450 нм. По окончании серии измерений экстинкции (Е) исследуемых образцов проб вычисляют разность показателей оптической плотности, и результат умножают на 1000. Полученные количественные значения ЦИК в 100 мл сыворотки крови выражали в единицах оптической плотности. Качественный анализ циркулирующих иммунных комплексов проводили методом заключался в одновременной оценке концентрации и размера иммунных комплексов, и основан на способности полиэтиленгликоля разной концентрации преципитировать иммунные комплексы, имеющие различную молекулярную массу (размер). Чем больше размер иммунных комплексов, тем меньшая концентрация требуется для их преципитации. Коэффициент К, характеризующий размер иммунных комплексов, и, следовательно, их патогенный потенциал, рассчитывали как отношение концентрации иммунных комплексов, осаждаемых 4%-ным ПЭГ (С4) и концентрации иммунных комплексов, осаждаемых 3%-ным ПЭГ (С3), ($K = C4 : C3$) Иммунотурбиметрическим методом осуществляли определение уровня церулоплазмينا автоматическим планшетным анализатором ИФА (Германия, Human GmbH) и набором реагентов (Италия, SENTINEL DIAGNOSTICS). Для анализов результатов количественных показателей использовали тест Манна-Уитни. При статистической обработке использовали пакет программ STATISTICA (StatSoft Inc., США, версия 7.0) адаптированную к ПК Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования, проведенные в современных молочных предприятиях, показывают, что у коров голштинской породы чаще возникают осложненное течение родов практически в 27,72±4,74% случаев, рисунок 1.

Полученные в данном исследовании результаты свидетельствуют о том, что коровы, имевшие в анамнезе репродуктивные патологии в частности, родильный парез, и задержание последа имели удлинённый срок от отела до оплодотворения - 178 дней, а это больше на 107 дней, чем у здоровых с клинической точки зрения коров, при этом вырос в 2,6 раза индекс осеменения.

Согласно полученным данным, самые большие значения показателей метаболизма (β -гидрооксимасляная кислота) /АсАс (ацетоуксусная кислота с ацетоном), ОКТ (общие кетоновые тела) в моче были выявлены у коров с родильным парезом и задержанием последа - 3,15±0,31 и 2,42±0,22 ммоль/л, соответственно. Снижение концентрации глюкозы в 5,87 раза и буферных оснований в 1,49 раза доказывает ведущую роль энергетического дисбаланса перепартаментальном периоде в этиологии и патогенезе репродуктивных патологий у коров после отела. Анализ результатов образцов мочи полученных от сухостойных коров, положительно реагирующих на отдельные биохимические показатели, свидетельствуют о достоверном повышении уровня

кетонных тел в 2,27 раза, что может служить прогностическим признаком репродуктивной патологии в будущем, таблица 1.

Характеристика клеточного лимфоцитарного гомеостаза представлена в данных таблицы 2.

Медианное содержание лейкоцитов составляет $7,32 \pm 0,86 \times 10^9/L$. Установлено достоверное снижение количества Т-хелперов и Т-супрессоров, данное снижение количества Т-хелперов составило 32,8% ($p < 0,001$), а Т-супрессоров – 30,9% ($p < 0,001$) у сухостойных коров с осложнением родов и заболеванием коров после отела. У сухостойных коров с последующими патологическими родами, понизилось в три раза количество НСТ-клеток ($p < 0,001$), с одновременным снижением иммунореактивного индекса (ИРИ), таблица 3.

У сухостойных коров исследуемых групп в крови количество крупных ЦИК (С4) понизилось на 67,2% ($p < 0,001$), средних (С3) – на 40,1% ($p < 0,01$), тогда как мелких ЦИК, напротив, увеличилось на 52,4% ($p < 0,001$), по сравнению с показателями животных из группы, у которых в

последующем в родах фиксировали патологические роды. Исследованиями установлено, что уровень церулоплазмينا колебался у сухостойных коров в последствии с осложнением родов от $25,57 \pm 1,42$ до $33,81 \pm 1,23$ мг/дл, рисунок 2. У коров с нормальным течением родов уровень церулоплазмينا колебался от $19,55 \pm 0,43$ до $20,94 \pm 0,55$ мг/дл.

Что касается С-реактивного белка, то он оказался малоинформативным при оценке задержки последа и родильного пареза — ложноотрицательные результаты выявлялись до 75 %, а ложноположительные — свыше 50 %. С учётом полученных данных, характерных для начального этапа формирования репродуктивных нарушений, при ранжировании показателей кортизола его концентрация оказалась выше, чем в аналогичный период у контрольной группы, более чем в 2,4 раза, прогестерона — в 1,7 раза, тестостерона — в 1,3 раза рисунок 3).

Превышение уровня кортизола свыше 20,0 нг/мл ассоциировано с вероятностью положитель-

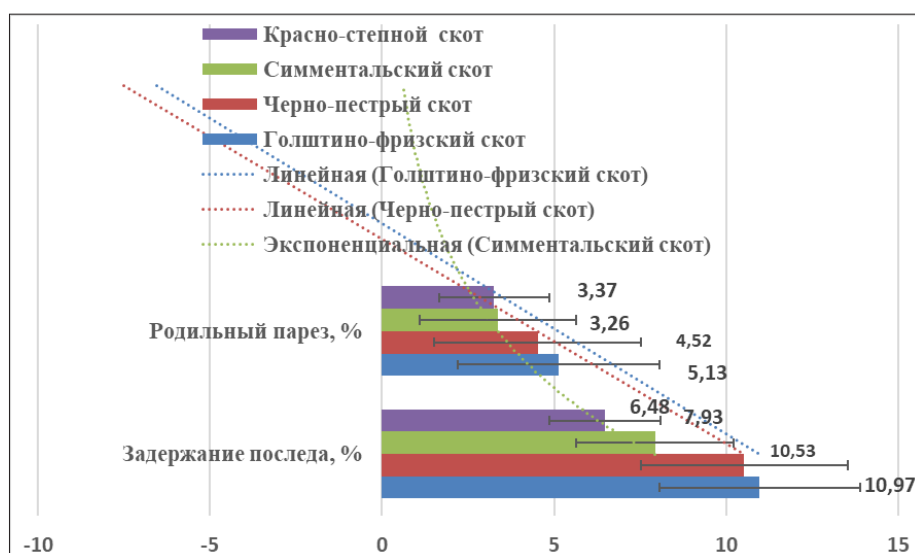


Рисунок 1. Инцидентность заболеваемости коров патологий родов у разных молочных пород.
Figure 1. Incidence of calving disorders in cows of different dairy breeds.

Таблица 1. Диагностическая значимость интерфейса предиктивных биохимических маркеров мочи сухостойных коров с осложнениями беременности и патологическими родами.

Table 1. Diagnostic significance of the panel of predictive urinary biochemical markers in dry cows with pregnancy complications and pathological parturition.

Показатели	Чувствительность, %	Специфичность, %	Прогноз положительного результата, %	Прогноз отрицательного результата, %
Превышение уровня АсАс свыше 2,0 ммоль/л	35...65	25...75	25...75	50...75
Снижение ОКТ менее 3,0 ммоль/л	25...75	25...75	25...75	40...65
Снижение ВН менее 2,0 ммоль/л	30...50	35...55	30...55	25...45
Снижение показателя ВН/АсАс	25...55	25...50	25...50	25...45

Таблица 2. Лимфоцитарный гомеостаз у здоровых коров с осложнением родов.

Table 2. Lymphocyte homeostasis in healthy cows with calving complications.

Время отбора крови	Статус животных	В –лимфоциты, г/л	Т –лимфоциты, г/л	Т - акт. лимфоциты, г/л	Т-хелперы, г/л	Т - супрессоры, г/л
за 15 суток до предполагаемого отела	Осложнение родов	$0,076 \pm 0,02^*$	$1,83 \pm 0,11^{**}$	$0,08 \pm 0,03$	$0,084 \pm 0,02^{***}$	$0,069 \pm 0,02^{***}$
	Клинически здоровые	$0,109 \pm 0,02$	$2,09 \pm 0,12$	$0,064 \pm 0,06$	$1,54 \pm 0,09$	$1,09 \pm 0,03$

Таблица 3. Иммунореактивный индекс, НТС и ЦИК клеточных компонентов гомеостаза у здоровых коров с осложнением родов.

Table 3. Immunoreactive index, NTS, and circulating immune complexes of cellular homeostasis components in healthy cows with calving complications.

Время отбора крови	Статус животных	ИРИ	НСТ-тест:			ЦИК, ед		
			+	++	+++	крупные	средние	мелкие
за 15 суток до предполагаемого отела	Осложнение родов	12,6±0,03**	5,98±0,02	2,95±0,04*	7,02±0,33**	32,8±1,01**	32,7±0,32**	99,83±3,12**
	Клинически здоровые	1,48±0,03	5,11±0,11	3,08±0,05	2,99±0,14	85,3±1,31	49,5±1,33	48,23±1,03

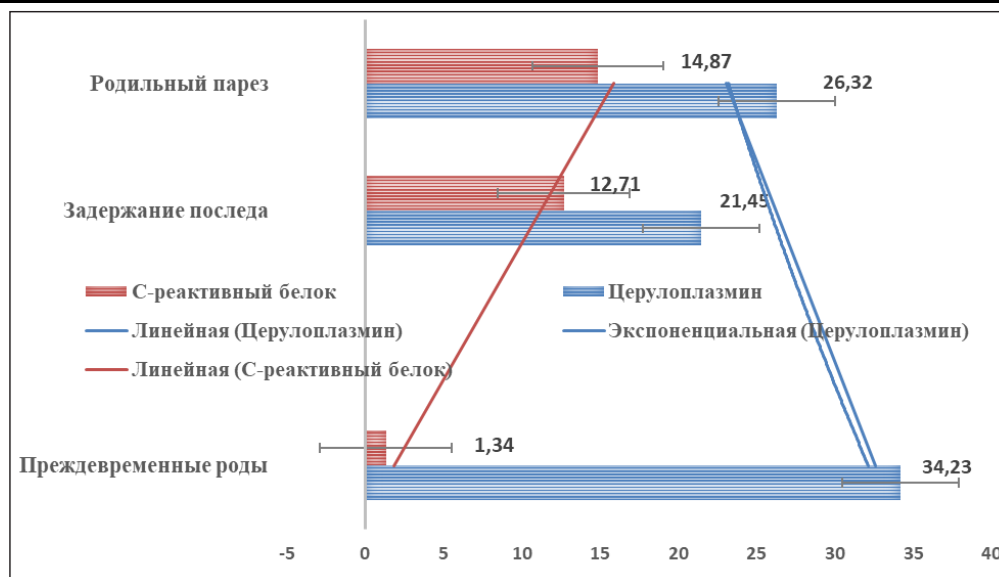


Рисунок 2. Изображение межгрупповых различий уровня церулоплазмينا и С-реактивного белка у сухостойных коров с патологией родов.

Figure 2. Illustration of intergroup differences in ceruloplasmin and C-reactive protein levels in dry cows with calving complications.

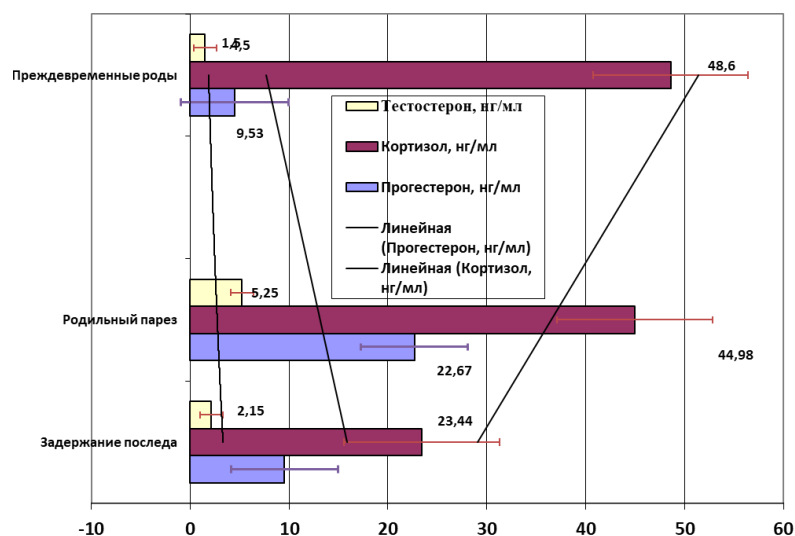


Рисунок 3. Межгрупповые различия в содержании стероидных гормонов в крови сухостойных коров с осложнением течения родов.

Figure 3. Intergroup differences in blood steroid hormone levels in dry cows with complicated parturition.

ного результата на уровне 90%, а отрицательного — в диапазоне 25–35%. При этом превышение концентрации прогестерона выше 5 нг/мл характеризуется прогнозом отрицательного исхода в пределах 15–35%, а положительного — 55–75%. Показатели ЩФ у сухостойных коров с осложне-

ниями родов, связанных с задержкой последа, снижены по сравнению с аналогичными показателями у других групп животных, тогда как уровень ЛДГ повышен. Диагностическая эффективность индекса предиктивных показателей при оценке состояния сухостойных особей с задерж-

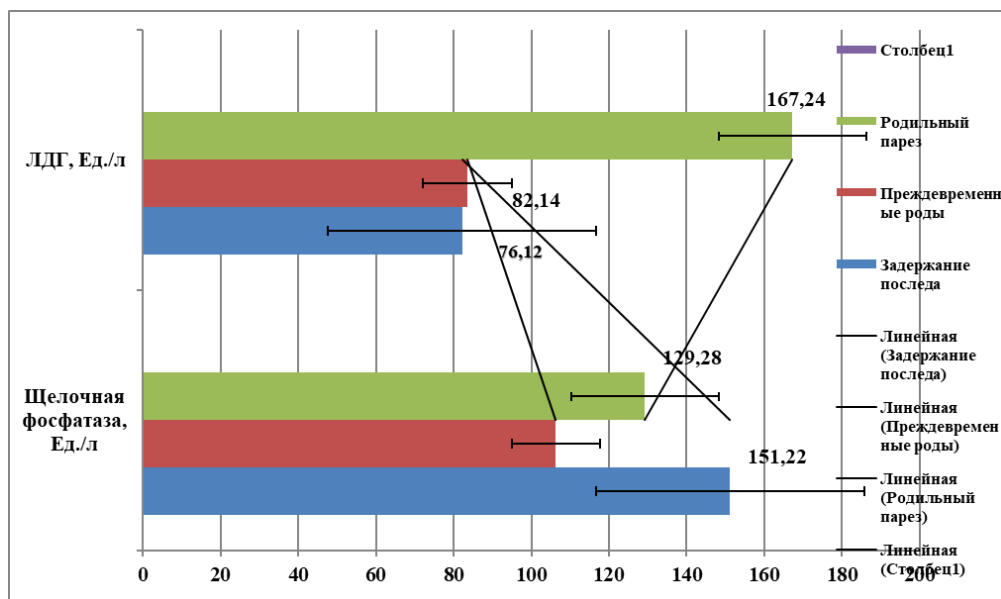


Рисунок 4. Межгрупповые различия в концентрации щелочной фосфатазы и лактатдегидрогеназы у сухостойных коров с осложнением течения родов.

Figure 4. Intergroup differences in alkaline phosphatase and lactate dehydrogenase concentrations in dry cows with complicated parturition.

кой последа, с учётом снижения индекса Шмидта, составила: чувствительность — 25–55%, специфичность — 35%. Прогноз положительного результата по индексу Шмидта оценивался в пределах 55%, отрицательного — 40%.

Полученный цифровой материал изменения показателей щелочной фосфатазы и лактатдегидрогеназы отражены в данных рисунка 4.

В ходе исследования было установлено, что у 87,67% сухостойных коров, имевших осложнения беременности и патологии родов, наблюдалась гиперферментемия ЩФ и ЛДГ. Для оценки прогностической значимости данных метаболических показателей в качестве диагностических критериев, были рассчитаны показатели чувствительности и специфичности. Чувствительность положительного результата при превышении уровня ЩФ более 50 мг/дл составила 85%, а специфичность колебалась в диапазоне от 55% до 90%. В отношении ЛДГ, снижение показателя ниже 80,0 Ед/л коррелировало с вероятностью положительного прогноза в пределах 25-50% и отрицательного прогноза в пределах 25-45%. Таким образом, диагностическая ценность ЛДГ как предиктивного маркера репродуктивных патологий у сухостойных коров с осложнениями беременности и родов оказалась низкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование сухостойных коров выявило

связь между осложненными родами и последующими репродуктивными патологиями. У таких животных наблюдалось существенное ослабление иммунной системы, проявляющееся в достоверном снижении количества Т-хелперов (на 32,8%) и Т-супрессоров (на 30,9%). Анализ НСТ-теста показал трехкратное уменьшение числа НСТ-клеток и снижение иммунореактивного индекса у коров с задержанием последа, что подтверждает данные других исследователей. Цитохимические методы позволяют оценить клеточный уровень неспецифической реактивности и активность нейтрофилов в условиях задержания последа. Кроме того, у коров с осложненными родами отмечалось значительное снижение крупных (на 67,2%) и средних (на 40,1%) циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), в то время как мелкие ЦИК увеличивались на 52,4%. Уровень церулоплазмينا также был снижен. Патология родов нарушает метаболизм (включая активность щелочной фосфатазы), приводит к избытку кортизола и тестостерона. Предполагается, что высокая концентрация прогестерона и кортизола может быть связана с нарушением способности клеток эндометрия воспринимать половые гормоны. Несмотря на высокое содержание прогестерона, он не способствует нормализации метаболических процессов при осложненных родах, что указывает на необходимость его коррекции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авдеев В.С., Донник И.М., Лоретц О.Г., Бабухин С.Н., Рыхлов А.С., Молчанов А.В. Механизм развития синдрома «кетоз-гестоз» у беременных коров и эффективность применения антиоксидантных препаратов. Аграрный вестник Урала. 2016;08(150):4-10.
2. Федотов С.В., Яхаев И.М., Дегтярев В.П. Профилактика алиментарного бесплодия вследствие минеральных нарушений у телок черно-пестрой породы. Ветеринария. 2020;5:39-43.
3. Михалёв В.И., Чусова Г.Г. Оценка возможности использования показателей свёртывающей системы крови коров для прогнозирования позднего токсикоза беременных. Международный вестник ветеринарии. 2023;4:396-403.

4. Кочарян В.Д., Авдеенко В.С., Чижова Г.С., Ушакова Ж.Ш. Информативные методы диагностики заболеваний молочной железы и матки в ранний пuerперальный период. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020;3 (59):308-317.
5. Лощинин С.О., Авдеенко В.С., Фирсов Г.М., Племяшов К.В., Никитин Г.С., Михалев В.И. Роль отрицательного энергетического баланса у коров после отела в патогенезе воспаления матки. Международный вестник ветеринарии. 2022;1:185-197.
6. Авдеенко В.С., Федотов С.В., Лощинин С.О. Ветеринарное акушерство с неонатологией и биотехника репродукции животных. Практикум. Учебное пособие для вузов. (2-е издание, стереотипное). Санкт-Петербург. 2022: 196 с.
7. Avdeenko V.S., Rodin P.V., Volkov A.A., Molshanov A.V., Plemyashov K.V., Potapova A.Yu. A predictive model for pregnancy development in thoroughbred mares with placental insufficiency and its correction. Biomedical and Pharmacology Journal. 2015;8(2):581-589.
8. Fedotov S.V., Avdeenko V.S., Yahaev I.M., Belozercheva N.S., Filatova A.V., Gumenyuk K. The qualitative composition of milk from cows with subclinical mastitis. Reproduction in Domestic Animals. 2019;54 (S3):138-139.
9. Бабухин С.Н., Авдеенко В.С., Калюжный И.И., Молчанов А.В., Тресницкий С.Н. Нарушение метаболических процессов в организме беременных коров при развитии субклинического кетоза. Аграрный научный журнал. 2016;11: 6-11.
10. Родин Н.В., Фирсов Г.М., Агольцов В.А., Авдеенко В.С. Метриты у коров бактериальной этиологии и его терапия антибактериальными препаратами. Научная жизнь. 2020;15(3): 434-442.
11. Музартаяев Р.Э., Ляшенко Н.Ю., Авдеенко В.С., Кривенко Д.В., Молчанов А.В. Особенности диагностики у коров в начале острого послеродового эндометрита и субинволюции матки. Дальневосточный аграрный вестник. 2016;2 (38): 62-69

REFERENCES

1. Avdeenko V.S., Donnik I.M., Loretz O.G., Babukhin S.N., Rykhlov A.S., Molchanov A.V. Mechanism of development of "ketosis-gestosis" syndrome in pregnant cows and the efficacy of antioxidant preparations. Agrarian Bulletin of the Urals. 2016;08(150):4-10. (in Russ)
2. Fedotov S.V., Yakhaev I.M., Degtyarev V.P. Prevention of nutritional infertility caused by mineral imbalances in Black-and-White heifers. Veterinariya. 2020;5:39-43. (in Russ)
3. Mikhalev V.I., Chusova G.G. Assessment of the potential use of blood coagulation parameters in cows to predict late-stage pregnancy toxemia. International Veterinary Bulletin. 2023;4:396-403. (in Russ)
4. Kocharyan V.D., Avdeenko V.S., Chizhova G.S., Ushakova Zh.Sh. Informative diagnostic methods for mammary gland and uterine diseases during the early puerperium. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020;3(59):308-317. (in Russ)
5. Loshchinin S.O., Avdeenko V.S., Firsov G.M., Plemyashov K.V., Nikitin G.S., Mikhalev V.I. The role of negative energy balance in cows after calving in the pathogenesis of uterine inflammation. International Veterinary Bulletin. 2022;1:185-197. (in Russ)
6. Avdeenko V.S., Fedotov S.V., Loshchinin S.O. Veterinary Obstetrics, Neonatology, and Animal Reproductive Biotechnology: A Practical Course (Study Guide for Higher Education Institutions). 2nd ed. (reprint). St. Petersburg; 2022: 196 p. (in Russ)
7. Avdeenko V.S., Rodin P.V., Volkov A.A., Molshanov A.V., Plemyashov K.V., Potapova A.Yu. A predictive model for pregnancy development in thoroughbred mares with placental insufficiency and its correction. Biomedical and Pharmacology Journal. 2015;8(2):581-589.
8. Fedotov S.V., Avdeenko V.S., Yahaev I.M., Belozercheva N.S., Filatova A.V., Gumenyuk K. The qualitative composition of milk from cows with subclinical mastitis. Reproduction in Domestic Animals. 2019;54 (S3):138-139.
9. Babukhin S.N., Avdeenko V.S., Kalyuzhny I.I., Molchanov A.V., Tresnitsky S.N. Metabolic disturbances in pregnant cows during the development of subclinical ketosis. Agrarian Scientific Journal. 2016;11:6-11. (in Russ)
10. Rodin N.V., Firsov G.M., Agoltsov V.A., Avdeenko V.S. Bacterial metritis in cows and its therapy with antibacterial drugs. Scientific Life. 2020;15(3):434-442. (in Russ)
11. Muzartaev R.E., Lyashenko N.Yu., Avdeenko V.S., Krivenko D.V., Molchanov A.V. Diagnostic features of acute postpartum endometritis and uterine subinvolution in cows at the onset of the condition. Far East Agrarian Bulletin. 2016;2 (38): 62-69. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 02.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026



МЕТОДЫ РЕСПИРАТОРНОЙ ФИЗИОТЕРАПИИ В ВЕТЕРИНАРИИ: ТЕХНИКИ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНАЯ ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА

Елена Валерьевна Краскова¹, Мария Александровна Ладанова^{2✉}

^{1,2}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹канд. ветеринар. наук, доц. кафедры общей, частной и оперативной хирургии, orcid.org/0000-0002-2828-2965
²канд. ветеринар. наук, доц. кафедры общей, частной и оперативной хирургии, email: ldnvmr@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2195-6752

РЕФЕРАТ

В условиях сохраняющейся высокой заболеваемости животных пневмонией и ограниченной эффективности стандартной антимикробной терапии, возрастает актуальность поиска безопасных немедикаментозных методов, ускоряющих разрешение патологического процесса. Одним из таких перспективных направлений является респираторная физиотерапия, объединяющая мануальные и позиционные приёмы, направленные на улучшение мукоцилиарного клиренса, расправление лёгочной ткани и нормализацию газообмена. В гуманной медицине данные методики применяются десятилетиями, тогда как в ветеринарной практике их систематическое изучение началось лишь в последние годы. Целью настоящего обзора явилась систематизация сведений о техниках респираторной физиотерапии у мелких домашних животных, их физиологическом обосновании и современной доказательной базе за последние 5–10 лет. В статье рассмотрены перкуссия и вибрация, постуральный дренаж, пассивные медленные экспираторные приёмы и стимуляция кашля. Обобщены данные проспективных и рандомизированных контролируемых исследований, выполненных на собаках с пневмонией и скоплением жидкости в дыхательных путях. Подтверждена безопасность вмешательств; показано, что пассивные экспираторные техники достоверно повышают отношение $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ и увеличивают долю дней без кислородной поддержки, тогда как перкуссионно-вибрационные протоколы дают более скромный, но также благоприятный эффект. Обозначены ограничения текущей доказательной базы и перспективы стандартизации подходов.

Ключевые слова: респираторная физиотерапия, собаки, пневмония, купаж, постуральный дренаж, пассивная экспирация, мукоцилиарный клиренс, оксигенация

Для цитирования: Краскова Е.В., Ладанова М.А. Методы респираторной физиотерапии в ветеринарии: техники, физиологическое обоснование и актуальная доказательная база. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:105–111. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.105>

RESPIRATORY PHYSIOTHERAPY METHODS IN VETERINARY MEDICINE: TECHNIQUES, PHYSIOLOGICAL RATIONALE, AND CURRENT EVIDENCE BASE

Elena V. Kraskova¹, Maria Al. Ladanova^{2✉}

^{1,2}Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of General, Special, and Operative Surgery, orcid.org/0000-0002-2828-2965

²Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of General, Special, and Operative Surgery, email: ldnvmr@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2195-6752

ABSTRACT

In the context of persistently high incidence of pneumonia in animals and the limited effectiveness of standard antimicrobial therapy, the search for safe non-pharmacological methods that accelerate resolution of the pathological process is becoming increasingly relevant. One promising area is respiratory physiotherapy, which includes manual and positional techniques aimed at improving mucociliary clearance, re-expanding lung tissue, and normalizing gas exchange. In human medicine, these methods have been used for decades, whereas their systematic study in veterinary practice has begun only in recent years. The aim of this review was to systematize information on respiratory physiotherapy techniques in small companion animals, their physiological rationale, and the current evidence base over the past 5–10 years. The article considers percussion and vibration, postural drainage, passive slow expiratory techniques, and cough stimulation. Data from prospective and randomized controlled studies conducted in dogs with pneumonia and airway fluid accumulation are summarized. The safety of the interventions has been confirmed; passive expiratory techniques have been shown to significantly increase the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio and increase the proportion of days without oxygen support, whereas percussion-vibration protocols demonstrate a more modest but also favorable effect. The limitations of the current evidence base and prospects for standardizing approaches are outlined.

Key words: respiratory physiotherapy, dogs, pneumonia, manual techniques, postural drainage, passive expiration, mucociliary clearance, oxygenation.

For citation: Kraskova E.V., Ladanova M.A. Respiratory physiotherapy methods in veterinary medicine: techniques, physiological rationale, and current evidence base. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:105-111. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.105>

ВВЕДЕНИЕ

Пневмония остаётся одним из наиболее распространённых заболеваний нижних дыхательных путей у животных, приводя к накоплению воспалительного секрета, нарушению вентиляционно-перфузионных отношений, гипоксемии и увеличению работы дыхательной мускулатуры [7,8]. Традиционная терапия включает антимикробные препараты и кислородную поддержку; в гуманной медицине этот арсенал давно дополнен методами респираторной физиотерапии [1,2]. В ветеринарной практике аналогичные подходы до недавнего времени применялись эпизодически, без строгой научной оценки, что сдерживало их широкое внедрение.

Актуальность системного изучения респираторной физиотерапии у животных в последние годы существенно возросла. С одной стороны, получены убедительные данные о том, что у собак с неосложнённой пневмонией короткие курсы антибиотиков (10–14 дней) не уступают по клиническому и рентгенографическим исходам длительным (21–28 дней) [9,10]. Это смещает фокус внимания на дополнительные немедикаментозные вмешательства, способные ускорить эвакуацию секрета и сократить сроки выздоровления. С другой стороны, появление высокопоточной назальной оксигенотерапии (HFNO), адаптированной для собак с пневмонией [11], открывает новые возможности для сочетанного применения респираторной поддержки и мануальных техник. Кроме того, накоплен определённый массив проспективных клинических исследований, оценивающих как перкуссионно-вибрационные, так и пассивные экспираторные методики [4–6], что позволяет провести их критический анализ.

Цель настоящего обзора — систематизировать современные сведения о методах респираторной физиотерапии у мелких домашних животных, их физиологическом обосновании и доказательной базе, сформировавшейся преимущественно за последние 5–10 лет, а также обозначить существующие ограничения и перспективные направления дальнейших исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследования послужили современные научные публикации, клинические исследования, обзоры и практические руководства, посвящённые применению респираторной физиотерапии у мелких домашних животных при заболеваниях нижних дыхательных путей. Основное внимание уделялось работам, в которых рассматривались перкуссия, вибрация, постуральный дренаж, пассивный медленный выдох, ассирированный кашель, а также их влияние на мукоцилиарный клиренс, оксигенацию и потребность в кислородной поддержке.

В работе применялись методы анализа, систе-

матизации, обобщения и сравнительной оценки литературных данных. При анализе учитывались физиологическое обоснование методов, показания и ограничения к их применению, безопасность вмешательств, а также результаты проспективных и рандомизированных контролируемых исследований у собак с пневмонией и скоплением жидкости в дыхательных путях.

Отдельно рассматривались данные о сочетании респираторной физиотерапии с современными методами респираторной поддержки, включая высокопоточную назальную оксигенотерапию, а также практические рекомендации по отбору пациентов, кратности процедур и мониторингу состояния животных до и после физиотерапевтического воздействия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные методы респираторной физиотерапии у животных

Современный арсенал респираторной физиотерапии для собак можно разделить на три группы: перкуссионно-вибрационные приёмы, постуральный дренаж и пассивные экспираторные техники [12,13]. Обзор Dybczyńska и соавт. (2022), обобщивший 59 публикаций в области ветеринарной физиотерапии, подчеркнул, что большинство используемых у животных подходов были перенесены из человеческой практики, что обуславливает необходимость их целенаправленной адаптации и валидации [3].

Мануальная перкуссия, или купаж, представляет собой ритмичное поколачивание по грудной клетке согнутыми «лодочкой» ладонями; за ней следует высокочастотная вибрация, создаваемая напряжением рук терапевта во время выдоха [12]. В проспективном протоколе Rossi и соавт. (2025) сеанс состоял из пяти подходов по 30 секунд перкуссии с последующей вибрацией; частота сеансов варьировала от одного до четырёх в сутки в зависимости от клинического состояния [6]. Предполагается, что вибрация снижает вязкость мокроты за счёт тиксотропного эффекта, а перкуссия механически «встряхивает» бронхиальное дерево, способствуя отделению секрета от стенки [12,14]. С клинической точки зрения купаж рассматривается как вспомогательная мера, стимулирующая кашлевой рефлекс и способствующая эвакуации секрета; его проведение целесообразно лишь при подтверждённом наличии избыточной мокроты в дыхательных путях [15]. Техника выполнения купажу описана в ряде практических руководств: ладони складываются чашеобразно, удары наносятся ритмично по обеим сторонам грудной клетки, избегая области позвоночника и почек [16].

Далее животное может быть помещено в дренажное положение: поражённая доля лёгкого оказывается сверху, и сила тяжести способствует оттоку секрета к бифуркации трахеи [13,14]. В

протоколе Rossi и соавт. (2025) длительность нахождения в стеральной или боковой позиции достигала 15 минут; выбор позы основывался на данных аускультации и рентгенографии [6]. У собак применение постурального дренажа ограничено способностью пациента сохранять неподвижность; кроме того, смена положения тела может временно влиять на оксигенацию, что требует непрерывного мониторинга SpO₂.

Наиболее изученную на сегодня группу приёмов составляют пассивный медленный выдох (prolonged slow expiration, PSE) и асистируемый кашель (assisted cough, AC) [4,5]. При PSE терапевт мягко и продолжительно сдавливает грудную клетку на фазе выдоха, мобилизуя слизь из мелких бронхов без резких перепадов давления; при необходимости лёгким надавливанием на трахею вызывают кашлевой рефлекс [4]. Данные техники были впервые систематически оценены у собак в 2018 году и впоследствии прошли проверку в рандомизированном контролируемом исследовании 2021 года. PSE-сеансы проводились каждые шесть часов до нормализации респираторного статуса или выписки из стационара. В подавляющем большинстве случаев процедура выполнялась в положении лёжа на боку и хорошо переносилась животными; частота дискомфорта была низкой (9%) [4].

Общий обзор ветеринарных физиотерапевтических методов, представленный в нарративном обзоре 2025 года [17], подтверждает, что мануальная терапия, включая суставные мобилизации и массаж мягких тканей, может улучшать диапазон движений и кровообращение. Хотя этот обзор посвящён преимущественно ортопедической реабилитации, он подчёркивает универсальность принципов физиотерапии и возможность их применения в респираторной практике. Физическая реабилитация мелких домашних животных, как отмечается в специализированном обзоре Gamble (2022), требует понимания не только эффектов различных методов, но и стадии заживления тканей, точной оценки функциональных ограничений и строгого учёта противопоказаний [18]. Сходные принципы изложены в фундаментальном руководстве по спортивной медицине и реабилитации собак, где респираторная физиотерапия рассматривается как самостоятельный раздел восстановительного лечения [19].

Физиологическое обоснование

Основная цель физиотерапии при пневмонии — восстановление мукоцилиарного клиренса. Воспалительный отёк, гиперсекреция и дисфункция реснитчатого эпителия резко замедляют эвакуацию слизи [7]. Механические колебания (перкуссия и вибрация) способны увеличивать частоту биения ресничек и ускорять транспорт бронхиального секрета [14,20]; постуральный дренаж дополняет этот механизм гравитационным градиентом [13].

Экспериментальные исследования на собаках, проведённые Gross и соавт. (1985), впервые убедительно показали, что высокочастотная компрессия грудной стенки (HFCWC) значительно усиливает как периферический, так и центральный

мукоцилиарный клиренс; эффект достигал плато при умеренном давлении в манжете (50 см вод. ст.), а при чрезмерном давлении (100–120 см вод. ст.) наблюдались субплевральные кровоизлияния, что подчёркивает важность дозирования интенсивности воздействия [21]. Дальнейшие работы King и соавт. (1989) подтвердили, что высокочастотная осцилляция грудной стенки (HFO/CW) усиливает трахеальный мукоцилиарный клиренс по сравнению со спонтанным дыханием, причём ключевую роль в этом эффекте играет экспираторный перекоп пиковой скорости потока ($V_e/V_i > 1$) [22]. Более позднее исследование Tomkiewicz и соавт. (1991) продемонстрировало, что осцилляция грудной стенки умеренной мощности усиливает мукоцилиарный клиренс в центральных дыхательных путях, однако коммерчески доступные перкусоры не всегда соответствуют механическим требованиям для достижения этого эффекта [23].

Гемодинамическая безопасность мануальных техник была подтверждена в исследовании Wong и соавт. (2003): у десяти физиотерапевтов, выполнявших перкуссию, вибрацию и шейкинг на анестезированной модели овцы, не было выявлено значимых изменений частоты сердечных сокращений, артериального давления, давления в лёгочной артерии и правопредсердного давления, а из вентиляционных показателей наблюдалось лишь небольшое увеличение пикового давления на вдохе во время вибрации и шейкинга [24].

Помимо очищения дыхательных путей, мануальные техники могут способствовать рекрутированию коллабированных альвеол. Прерывистое положительное давление на грудную клетку временно повышает транспульмональное давление, что теоретически раскрывает ателектазированные участки и улучшает вентиляционно-перфузионное соотношение [25]. Однако данные о краткосрочном повышении сатурации кислорода после перкуссионно-вибрационных процедур следует интерпретировать с осторожностью: метаанализ Games и соавт. (2015) показал, что вибрация всего тела может усиливать периферический кровоток и оксигенацию мышц [26], следовательно, прирост SpO₂ после сеанса может быть частично обусловлен сосудистыми эффектами, а не исключительно лёгочными механизмами.

Важным физиологическим аспектом является и поддержание адекватной гидратации секрета: более 90% слизи дыхательных путей составляет вода, и даже лёгкая дегидратация ведёт к её загустеванию, что сводит на нет эффективность любых механических клиренс-техник. В клинических руководствах по лечению бактериальной пневмонии у собак [8,27] подчёркивается необходимость системной гидратации пациента и ингаляционной терапии (небулайзерной) для разжижения секрета перед проведением физиотерапевтических манипуляций.

Доказательная база: результаты исследований 2018–2025 годов

В пилотном исследовании Pouzot-Nevoret и соавт. (2018) были оценены выполнимость, польза и нежелательные явления PSE и AC у собак со

скоплением жидкости в дыхательных путях, госпитализированных в отделение интенсивной терапии [4]. В общей сложности было выполнено 133 сеанса физиотерапии у 30 собак. Частота дискомфорта во время процедур была низкой (9%), наиболее часто используемым положением было боковое лежачее (95% сеансов). Медианная SpO_2 до и после сеансов значимо не различалась. Спонтанный кашель или глотание наблюдались в 60% сеансов, успешный асистируемый кашель был вызван в 21%, в оставшихся 19% случаев кашель или глотание не регистрировались, несмотря на попытки стимуляции. Продолжительность госпитализации была значимо больше в группе вмешательства, что авторы связали с более длительным мониторингом, а выживаемость в группе вмешательства составила 76,7% против 57,7% в ретроспективном контроле ($P = 0,055$). Авторы заключили, что PSE в сочетании с АС легко адаптируются и хорошо переносятся собаками; вопрос о клинической эффективности был оставлен для последующих рандомизированных исследований.

Рандомизированное контролируемое исследование Pouzot-Nevolet и соавт. (2021) включило 31 собаку с острой одышкой и жидкостью в дыхательных путях [5]. Животные были распределены в группу физиотерапии (медикаментозное лечение плюс PSE/АС; $n = 15$) и контрольную группу (только медикаментозное лечение; $n = 16$). В течение первых 48 часов отношение PaO_2/FiO_2 достоверно увеличилось в группе физиотерапии по сравнению с контролем (разница +35,1 мм рт. ст./сутки; 95% ДИ 0,4–57,5; $P = 0,03$). Медианная разница P/F ratio между выпиской и поступлением была значительно выше в группе физиотерапии (178 мм рт. ст.; диапазон 123–241) по сравнению с контролем (54 мм рт. ст.; от –19 до 109; $P = 0,001$). Доля дней без кислородной поддержки увеличилась в группе физиотерапии на 46,4% (95% ДИ 16–59; $P = 0,001$). Летальность составила 13% (2/15) в группе физиотерапии против 44% (7/16) в контроле, однако различие не достигло статистической значимости ($P = 0,07$). Авторы заключили, что PSE и АС улучшают P/F ratio в течение 48 часов и снижают потребность в кислородной поддержке.

Исследование Rossi и соавт. (2025), крупнейшее на сегодня по мануальной перкуSSIONно-вибрационной физиотерапии, включало 54 собаки с пневмонией (16 — группа физиотерапии, 38 — исторический контроль) [6]. Физиотерапия проводилась сертифицированными ветеринарными физиотерапевтами от одного до четырёх раз в сутки. Серьёзных нежелательных явлений зарегистрировано не было. PaO_2 выросло в группе физиотерапии в среднем на 9,3 мм рт. ст. от исходного уровня (95% ДИ 2,4; 16,2), однако межгрупповые различия не достигли статистической значимости (средняя разница контроль против физиотерапии: –6,0 мм рт. ст.; 95% ДИ –14,4; 12,3; $P = 0,152$). SpO_2 сразу после сеанса достоверно увеличивалась в среднем на 1,1% ($P = 0,006$), но PaO_2 при этом не менялось. Значимых различий по выживаемости и длительности кислородной поддержки не выявлено. Таким обра-

зом, протокол продемонстрировал безопасность, однако его эффективность оказалась скромнее, чем у пассивных экспираторных техник.

Параллельно с клиническими исследованиями разрабатываются протоколы высокопоточной назальной оксигенотерапии для собак с пневмонией. Предложенный Терро и соавт. (2023) протокол предусматривает поток 1–2 л/кг/мин с индивидуально титруемой FiO_2 (от 21% до 100%) и трёхкратную ежедневную оценку состояния пациента [11]. Хотя HFNO не относится непосредственно к физиотерапии, она обеспечивает эффективную оксигенацию без интубации и седации, создавая условия для проведения мануальных вмешательств.

Клинический случай Yoshikawa и соавт. (2025) продемонстрировал потенциальную осуществимость ранних физиотерапевтических вмешательств в условиях ветеринарного ОРИТ [28]. У 12-летней таксы, перенёсшей перикардэктомию и потребовавшей механической вентиляции, применяли лимфодренаж, упражнения на пассивный объём движений, перкуSSIONно-вибрационные техники для облегчения экспекторации и раннюю мобилизацию. На фоне вмешательства наблюдалось улучшение SpO_2 , нормализация $PvCO_2$ и частоты дыхания в покое; собака, исходя не способная стоять без поддержки, самостоятельно передвигалась при выписке на 13-е сутки.

Результаты рандомизированного двойного слепого плацебо-контролируемого исследования Reineke и соавт. (2024) показали, что у собак с неосложнённой пневмонией двухнедельный курс антибиотиков не уступает четырёхнедельному по клиническим и рентгенографическим исходам: полное разрешение клинических признаков к первому контрольному визиту (12 ± 2 дня) наблюдалось у 93,3% пациентов [9]. Эти данные подчёркивают ценность дополнительных немедикаментозных вмешательств, способствующих более быстрому очищению дыхательных путей от секрета. Систематический обзор и метаанализ Nesta и соавт. (2026), обобщивший два рандомизированных контролируемых и одно наблюдательное исследование, подтвердил, что короткие курсы антибиотиков (10–14 дней) могут быть столь же эффективны, как и длительные (21–28 дней) для лечения бактериальной пневмонии у собак и кошек [10].

Серия клинических случаев Cook и соавт. (2021) продемонстрировала возможность успешного ведения аспирационной пневмонии без антимикробных препаратов у 14 иммунокомпетентных собак [29]. У девяти из них имелись респираторные признаки, включая повышенную частоту или усилия дыхания, артериальную гипоксемию и/или потребность в кислородной терапии; респираторные признаки разрешались в течение 12–36 часов. Хотя в данной серии физиотерапия не выделялась как самостоятельное вмешательство, сама возможность успешного ведения пневмонии без антибиотиков подчёркивает значимость немедикаментозных подходов.

Следует также упомянуть исследование Haussler и соавт. (2021), которое, хотя и посвящено мобилизационным и манипуляционным техникам в ветеринарии в целом, содержит важные

методологические рекомендации по стандартизации мануальных вмешательств и оценке их эффективности, применимые и к респираторной физиотерапии [30].

Практические рекомендации

Отбор пациентов для респираторной физиотерапии должен основываться на гемодинамической стабильности, самостоятельном дыхании и подтверждённом скоплении секрета в лёгких. Противопоказания включают клинически значимые заболевания сердца, лёгочную гипертензию, переломы рёбер или черепа, повышенное внутричерепное давление, мегаэзофагус, бессознательное состояние и обструкцию верхних дыхательных путей [6].

При острой одышке и скоплении жидкости в дыхательных путях предпочтение может быть отдано пассивным экспираторным приёмам (PSE/AC), эффективность которых подтверждена в рандомизированном контролируемом исследовании [5]. Перкуссия и вибрация с постуральным дренажом могут применяться как базовый протокол, особенно при невозможности выполнения PSE или при организационных ограничениях [6]. PSE-сеансы рекомендуется проводить каждые шесть часов до нормализации респираторного статуса или выписки [5]. ПеркуSSIONно-вибрационные сеансы допустимо выполнять от одного до четырёх раз в сутки, включая до пяти циклов перкуссии по 30 секунд с последующей вибрацией; постуральный дренаж может продолжаться до 15 минут [6].

До и после каждого сеанса следует оценивать сатурацию кислорода, тип дыхания и аускультативную картину.

Появление светлого слизистого отделяемого из носа может косвенно свидетельствовать об успешной мобилизации мокроты. Все манипуляции должен выполнять специалист с подготовкой по ветеринарной физиотерапии, поскольку различия в силе и ритмичности воздействия, а также в интерпретации аускультативных данных являются потенциальными источниками вариабельности результатов [20,24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Респираторная физиотерапия у собак с патологией нижних дыхательных путей является безопасным и осуществимым компонентом комплексного лечения. Пассивные медленные экспираторные техники (PSE) в сочетании со стимуляцией кашля (AC) на сегодня обладают наиболее убедительной доказательной базой: в рандомизированном контролируемом исследовании они достоверно улучшали отношение PaO_2/FiO_2 и снижали потребность в кислородной поддержке [5]. ПеркуSSIONно-вибрационные протоколы с постуральным дренажом также безопасны, но их эффективность подтверждена в меньшей степени [6]. Ранние физиотерапевтические вмешательства в условиях интенсивной терапии [28] и комбинирование мануальных техник с HFNO [11] представляются многообещающими подходами, требующими дальнейшего изучения. Для окончательного определения места этих методик в ветеринарной пульмонологии необходимы масштабные стандартизированные исследования с клинически значимыми конечными точками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chaves G.S.S., Freitas D.A., Santino T.A., et al. Chest physiotherapy for pneumonia in children. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2019;1: CD010277. doi.org/10.1002/14651858.CD010277.pub3
2. Chen X., Jiang J., Wang R., et al. Chest physiotherapy for pneumonia in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2022;9:CD006338. doi.org/10.1002/14651858.CD006338.pub4
3. Dybczyńska M., Goleman M., Garbiec A., Karpiński M. Selected techniques for physiotherapy in dogs. Animals. 2022;12(14):1760. doi.org/10.3390/ani12141760
4. Pouzot-Nevoret C., Goy-Thollot I., Billet D., et al. Evaluation of a new chest physiotherapy technique in dogs with airway fluid accumulation hospitalized in an intensive care unit. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. 2018;28(3):213–220. doi.org/10.1111/vec.12713
5. Pouzot-Nevoret C., Magnin M., Barthélemy A., et al. Effectiveness of chest physiotherapy using passive slow expiratory techniques in dogs with airway fluid accumulation: a randomized controlled trial. Journal of Veterinary Internal Medicine. 2021;35(3):1525–1535. doi.org/10.1111/jvim.16088
6. Rossi H.S., Rajamäki M.M., Junnila J.J.T., Hyytiäinen H.K. Evaluation of use of respiratory physiotherapy in treatment of dogs with pneumonia. The Veterinary Journal. 2025;314:106440. doi.org/10.1016/j.tvjl.2025.106440
7. Dear J.D. Bacterial pneumonia in dogs and cats: an update. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 2020;50(2): 447–465. doi.org/10.1016/j.cvs.2019.10.007
8. Hawkins E.C. Clinical manifestations of lower respiratory tract disorders. Small Animal Internal Medicine. Eds. C.G. Couto, R.W. Nelson. 6th ed. St. Louis: Elsevier. 2020: 282–286.
9. Reineke E.L., Cook S., Langlois D.K., et al. Clinical course and radiographic resolution of pneumonia in dogs treated with a shorter versus longer course of antimicrobials: a randomized, double-masked, placebo-controlled study. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2024;263(1): 47–53. doi.org/10.2460/javma.24.04.0259
10. Hesta M., Van den Broeck S., Stock E., et al. Shorter versus longer durations of antibiotic treatment for pneumonia in dogs and cats: a systematic review and meta-analysis. Journal of Small Animal Practice. 2026;67(2):89–98. doi.org/10.1111/jsap.13845
11. Teppo A.-M., Rossi H., Hyytiäinen H., Rajamäki M.M. Proposed protocol for utilising high-flow nasal oxygen therapy in treatment of dogs hospitalised due to pneumonia. BMC Veterinary Research. 2023;19:167. doi.org/10.1186/s12917-023-03737-7
12. Pryor J.A., Webber B.A. Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998:524 p.
13. Nicholson H.L. Small animal treatment and rehabilitation for cardiorespiratory conditions. Animal Physiotherapy: Assessment, Treatment and Rehabilitation of Animals. Eds. C. McGowan, L. Goff. 2nd ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2016:247–259.
14. Pryor J. Mucociliary clearance. Key Issues in Cardiorespiratory Physiotherapy. Eds. E. Ellis, J. Alison. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992:105–130.

15. Treating canine bacterial pneumonia: Beyond antibiotics (Proceedings).dvm360. 2026. May 9. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.dvm360.com/treating-canine-bacterial-pneumonia-beyond-antibiotics-proceedings>. (дата обращения 25.09.2026)
16. Techniques for Nebulization and Coupage in Dogs. VCA Animal Hospitals. 2019. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://vcacanada.com/learn-your-pet/techniques-for-nebulization-and-coupage-in-dogs>. (дата обращения 25.09.2026)
17. Veterinary physiotherapy in dogs: a narrative review. *Journal of Canine Development and Research*. 2025;14(9): 1–12.
18. Gamble L.-J. Physical rehabilitation for small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2022;52(4):997–1019. doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.03.005
19. Canine Sports Medicine and Rehabilitation. Eds. C.M. Zink, J.B. Van Dyke. 2nd ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2018. 608 p.
20. Blazey S., Jenkins S., Smith R. Rate and force of application of manual chest percussion by physiotherapists. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1998;44(4):257–264. doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60385-8
21. Gross D., King M., Tomkiewicz R.P. Peripheral mucociliary clearance with high-frequency chest wall compression. *Journal of Applied Physiology*. 1985;58(4):1157–1163. doi.org/10.1152/jappl.1985.58.4.1157
22. King M., Gross D., Tomkiewicz R.P., et al. Tracheal mucus clearance in high-frequency oscillation. II: Chest wall versus mouth oscillation. *American Review of Respiratory Disease*. 1989;139(3):765–770. doi.org/10.1164/ajrccm/139.3.765
23. Tomkiewicz R.P., Biviji A.A., King M. Effects of high-frequency chest wall compression on mucociliary clearance in dogs. *Journal of Applied Physiology*. 1991;71(6):2319–2326. doi.org/10.1152/jappl.1991.71.6.2319
24. Wong W.P., Paratz J.D., Wilson K., Burns Y.R. Hemodynamic and ventilatory effects of manual respiratory physiotherapy techniques of chest clapping, vibration, and shaking in an animal model. *Journal of Applied Physiology*. 2003;95(3):991–998. doi.org/10.1152/japplphysiol.00249.2003
25. West J.B. Gas exchange. *Pulmonary Pathophysiology: The Essentials*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2013.
26. Games K.E., Sefton J.M., Wilson A.E. Whole-body vibration and blood flow and muscle oxygenation: a meta-analysis. *Journal of Athletic Training*. 2015;50(5):542–549. doi.org/10.4085/1062-6050-50.2.09
27. Dear J.D. Recognition and diagnosis of underlying disease processes in bacterial pneumonia. *Animals*. 2024;14(11):1601. doi.org/10.3390/ani14111601
28. Yoshikawa K., Fujita A., Tomura S., Toshima A., Kadosawa T. Early physiotherapy in veterinary critical care: a case report. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2025;38(05):A1–A12. doi.org/10.1055/s-0045-1812010
29. Cook S., Hopper K., Silverstein D.C., et al. Successful management of aspiration pneumopathy without antimicrobial agents: 14 dogs (2014–2021). *Journal of Small Animal Practice*. 2021;62(12):1108–1113. doi.org/10.1111/jsap.13409
30. Haussler K.K., Hesbach A.L., Romano L., Goff L., Bergh A. A systematic review of musculoskeletal mobilization and manipulation techniques used in veterinary medicine. *Animals*. 2021;11(10):2887. doi.org/10.3390/ani1102887

REFERENCES

1. Chaves G.S.S., Freitas D.A., Santino T.A., et al. Chest physiotherapy for pneumonia in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019;1: CD010277. doi.org/10.1002/14651858.CD010277.pub3
2. Chen X., Jiang J., Wang R., et al. Chest physiotherapy for pneumonia in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2022;9:CD006338. doi.org/10.1002/14651858.CD006338.pub4
3. Dybczyńska M., Goleman M., Garbiec A., Karpiński M. Selected techniques for physiotherapy in dogs. *Animals*. 2022;12(14):1760. doi.org/10.3390/ani12141760
4. Pouzot-Nevoret C., Goy-Thollot I., Billet D., et al. Evaluation of a new chest physiotherapy technique in dogs with airway fluid accumulation hospitalized in an intensive care unit. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2018;28(3):213–220. doi.org/10.1111/vec.12713
5. Pouzot-Nevoret C., Magnin M., Barthélemy A., et al. Effectiveness of chest physiotherapy using passive slow expiratory techniques in dogs with airway fluid accumulation: a randomized controlled trial. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2021;35(3):1525–1535. doi.org/10.1111/jvim.16088
6. Rossi H.S., Rajamäki M.M., Junnila J.J.T., Hyytiäinen H.K. Evaluation of use of respiratory physiotherapy in treatment of dogs with pneumonia. *The Veterinary Journal*. 2025;314:106440. doi.org/10.1016/j.tvjl.2025.106440
7. Dear J.D. Bacterial pneumonia in dogs and cats: an update. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2020;50(2): 447–465. doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.10.007
8. Hawkins E.C. Clinical manifestations of lower respiratory tract disorders. *Small Animal Internal Medicine*. Eds. C.G. Couto, R.W. Nelson. 6th ed. St. Louis: Elsevier. 2020: 282–286.
9. Reineke E.L., Cook S., Langlois D.K., et al. Clinical course and radiographic resolution of pneumonia in dogs treated with a shorter versus longer course of antimicrobials: a randomized, double-masked, placebo-controlled study. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2024;263(1): 47–53. doi.org/10.2460/javma.24.04.0259
10. Hesta M., Van den Broeck S., Stock E., et al. Shorter versus longer durations of antibiotic treatment for pneumonia in dogs and cats: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Small Animal Practice*. 2026;67(2):89–98. doi.org/10.1111/jsap.13845
11. Teppo A.-M., Rossi H., Hyytiäinen H., Rajamäki M.M. Proposed protocol for utilising high-flow nasal oxygen therapy in treatment of dogs hospitalised due to pneumonia. *BMC Veterinary Research*. 2023;19:167. doi.org/10.1186/s12917-023-03737-7
12. Pryor J.A., Webber B.A. *Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998:524 p.
13. Nicholson H.L. Small animal treatment and rehabilitation for cardiorespiratory conditions. *Animal Physiotherapy: Assessment, Treatment and Rehabilitation of Animals*. Eds. C. McGowan, L. Goff. 2nd ed. Oxford: John Wiley & Sons, 2016:247–259.
14. Pryor J. Mucociliary clearance. *Key Issues in Cardiorespiratory Physiotherapy*. Eds. E. Ellis, J. Alison. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992:105–130.
15. Treating canine bacterial pneumonia: Beyond antibiotics (Proceedings).dvm360. 2026. May 9. [September 25, 2026] <https://www.dvm360.com/treating-canine-bacterial-pneumonia-beyond-antibiotics-proceedings>.
16. Techniques for Nebulization and Coupage in Dogs. VCA Animal Hospitals. 2019. [September 25, 2026] <https://vcacanada.com/learn-your-pet/techniques-for-nebulization-and-coupage-in-dogs>.

vcacanada.com/know-your-pet/techniques-for-nebulization-and-coupage-in-dogs.

17. Veterinary physiotherapy in dogs: a narrative review. *Journal of Canine Development and Research*. 2025;14(9): 1–12.
18. Gamble L.-J. Physical rehabilitation for small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2022;52(4):997–1019. doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.03.005
19. *Canine Sports Medicine and Rehabilitation*. Eds. C.M. Zink, J.B. Van Dyke. 2nd ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2018. 608 p.
20. Blazey S., Jenkins S., Smith R. Rate and force of application of manual chest percussion by physiotherapists. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1998;44(4):257–264. doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60385-8
21. Gross D., King M., Tomkiewicz R.P. Peripheral mucociliary clearance with high-frequency chest wall compression. *Journal of Applied Physiology*. 1985;58(4):1157–1163. doi.org/10.1152/jappl.1985.58.4.1157
22. King M., Gross D., Tomkiewicz R.P., et al. Tracheal mucus clearance in high-frequency oscillation. II: Chest wall versus mouth oscillation. *American Review of Respiratory Disease*. 1989;139(3):765–770. doi.org/10.1164/ajrccm/139.3.765
23. Tomkiewicz R.P., Biviji A.A., King M. Effects of high-frequency chest wall compression on mucociliary clearance in dogs. *Journal of Applied Physiology*. 1991;71(6):2319–2326. doi.org/10.1152/jappl.1991.71.6.2319
24. Wong W.P., Paratz J.D., Wilson K., Burns Y.R. Hemodynamic and ventilatory effects of manual respiratory physiotherapy techniques of chest clapping, vibration, and shaking in an animal model. *Journal of Applied Physiology*. 2003;95(3):991–998. doi.org/10.1152/japplphysiol.00249.2003
25. West J.B. Gas exchange. *Pulmonary Pathophysiology: The Essentials*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2013.
26. Games K.E., Sefton J.M., Wilson A.E. Whole-body vibration and blood flow and muscle oxygenation: a meta-analysis. *Journal of Athletic Training*. 2015;50(5):542–549. doi.org/10.4085/1062-6050-50.2.09
27. Dear J.D. Recognition and diagnosis of underlying disease processes in bacterial pneumonia. *Animals*. 2024;14(11): 1601. doi.org/10.3390/ani14111601
28. Yoshikawa K., Fujita A., Tomura S., Toshima A., Kadosawa T. Early physiotherapy in veterinary critical care: a case report. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2025;38(05):A1–A12. doi.org/10.1055/s-0045-1812010
29. Cook S., Hopper K., Silverstein D.C., et al. Successful management of aspiration pneumopathy without antimicrobial agents: 14 dogs (2014–2021). *Journal of Small Animal Practice*. 2021;62(12):1108–1113. doi.org/10.1111/jsap.13409
30. Haussler K.K., Hesbach A.L., Romano L., Goff L., Bergh A. A systematic review of musculoskeletal mobilization and manipulation techniques used in veterinary medicine. *Animals*. 2021;11(10): 2887. doi.org/10.3390/ani11102887

Поступила в редакцию / Received: 16.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 22.07.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026



РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ: ОГРАНИЧЕНИЯ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ДАННЫХ МЕЖДУ КРУПНЫМ РОГАТЫМ СКОТОМ И СЕВЕРНЫМ ОЛЕНЕМ

Антон Михайлович Макаров^{1✉}, Андрей Юрьевич Нечаев²

¹Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Российская Федерация

²Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹младший научный сотрудник, email: makarov.a@spcras.ru, orcid.org/0009-0006-1135-0120

²д-р ветеринар. наук, проф., заведующий кафедрой общей, частной и оперативной хирургии, orcid.org/0000-0001-9035-0036

РЕФЕРАТ

Цель исследования – критически оценить возможность и ограничения переноса данных о регионарной анестезии от крупного рогатого скота и других домашних жвачных к северному оленю (*Rangifer tarandus*). Материалом послужили отечественные и зарубежные публикации по ветеринарной анестезиологии, оперативной хирургии, местной и эпидуральной анестезии у крупного рогатого скота, овец, северных оленей и других представителей семейства Cervidae. Собственное исследование выполнено как аналитическая систематизация литературных данных с выделением уровней доказательности: клинические сведения по крупному рогатому скоту, сравнительные данные по мелким жвачным, прямые публикации по *Rangifer* и экстраполяционные сведения по другим Cervidae. Показано, что крупный рогатый скот не может рассматриваться как универсальная модель для северного оленя при выборе объемов, доз, точек введения и критериев оценки регионарного блока. Наиболее существенные ограничения связаны с различиями анатомических ориентиров, условиями фиксации, стрессовой реактивностью, сезонной физиологией, риском гипоксемии при химической иммобилизации и отсутствием валидированных критериев оценки боли у *Rangifer*. Выводы. Экстраполяция протоколов от коров к северным оленям допустима только как формирование исследовательской гипотезы. Для клинического применения необходимы видоспецифические исследования безопасных объемов, продолжительности сенсорного блока, выраженности моторного компонента и восстановления после процедуры.

Ключевые слова: крупный рогатый скот; северный олень; *Rangifer tarandus*; жвачные животные; регионарная анестезия; эпидуральная анестезия; лидокаин; бупивакаин; местные анестетики.

Для цитирования: Макаров А.М., Нечаев А.Ю. Регионарная анестезия у жвачных животных: ограничения экстраполяции данных между крупным рогатым скотом и северным оленем. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:112-117. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.112>

REGIONAL ANESTHESIA IN RUMINANTS: LIMITATIONS OF DATA EXTRAPOLATION BETWEEN CATTLE AND REINDEER

Anton M. Makarov^{1✉}, Andrey Yu. Nechaev²

¹North-Western Center for Interdisciplinary Research on Food Supply Issues – St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

²St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Junior Researcher, email: makarov.a@spcras.ru, orcid.org/0009-0006-1135-0120

²Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of General, Special, and Operative Surgery, orcid.org/0000-0001-9035-0036

ABSTRACT

The purpose of this analytical study was to critically evaluate the possibility and limitations of extrapolating regional anesthesia data from cattle and other domestic ruminants to reindeer (*Rangifer tarandus*). The material included Russian and international publications on veterinary anesthesia, operative surgery, epidural and local anesthesia, procedural analgesia, chemical immobilization and perioperative monitoring in cattle, sheep, reindeer and other cervids. The analysis separated four levels of evidence: clinical and educational data obtained in cattle, comparative data from small ruminants, direct publications on *Rangifer*, and extrapolative evidence from other Cervidae. The results show that cattle should not be considered a universal model for reindeer when selecting injection sites, local anesthetic volumes, doses, expected spread of epidural solution or criteria for assessment of block success. The main limitations include differences in anatomical landmarks, body mass, epidural space scale, handling conditions, stress responsiveness, seasonal physiology, field immobilization, oxygenation status and the absence of validated pain assessment tools for reindeer. The available

literature on reindeer is focused mainly on medetomidine-ketamine immobilization, reversal with atipamezole, hypoxemia during field anesthesia, meloxicam pharmacokinetics and behavioral assessment after castration. Direct evidence on regional anesthesia in reindeer is scarce and is limited to individual clinical reports of ophthalmic blocks and paravertebral analgesia, as well as studies of local anesthesia during clamp castration. Therefore, protocols developed for cattle may be used only as preliminary research hypotheses. Clinical implementation in *Rangifer* requires species-specific studies of anatomical access, minimum effective volume, duration of sensory block, severity of motor block, systemic safety, oxygen support and recovery monitoring under field conditions. A staged validation strategy is proposed: anatomical justification, dose and volume testing, sensory and motor block assessment, comparison of local anesthetics with different duration of action, and field evaluation using behavioral and telemetry-based recovery criteria.

Key words: cattle; reindeer; *Rangifer tarandus*; ruminants; regional anesthesia; epidural anesthesia; lidocaine; bupivacaine; local anesthetics.

For citation: Makarov A.M., Nechaev A.Yu. Regional anesthesia in ruminants: limitations of data extrapolation between cattle and reindeer. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:112-117. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.112>

ВВЕДЕНИЕ

Регионарная анестезия занимает важное место в ветеринарной хирургии жвачных животных, поскольку позволяет обеспечить локализованное обезболивание при снижении потребности в общей анестезии и сохранении возможности клинического контроля за пациентом [2,6,7]. У крупного рогатого скота широко применяются каудальная эпидуральная анестезия, паравerteбральные блокады, инфильтрационные и проводниковые техники, используемые при акушерских, абдоминальных, ортопедических и иных вмешательствах [2,6,7].

Вместе с тем перенос протоколов регионарной анестезии между различными видами жвачных не является прямым. Северный олень (*Rangifer tarandus*) существенно отличается от домашних коров по условиям содержания, сезонной физиологии, стрессовой реактивности, возможностям фиксации и доступности мониторинга. В полевых условиях обезболивание северных оленей часто сочетается с отловом, химической иммобилизацией, ограниченным временем осмотра и необходимостью последующего выпуска животного в стадо [1,3,4,8,9,17].

Актуальность настоящей работы определяется тем, что в литературе по северному оленю лучше изучены схемы химической иммобилизации на основе $\alpha 2$ -адренорецепторных агонистов и кетамина, чем собственно регионарная анестезия и процедурная аналгезия [10–13, 22–29]. Данные о локорегионарных блоках у *Rangifer* представлены единичными клиническими случаями и исследованиями боли при отдельных манипуляциях [14, 18–21]. Поэтому оценка границ допустимой экстраполяции сведений от крупного рогатого скота к северному оленю имеет научное и практическое значение.

Цель исследования – критически проанализировать возможность и ограничения переноса данных о регионарной анестезии от крупного рогатого скота и других домашних жвачных к северному оленю.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для анализа послужили публикации, посвящённые регионарной, эпидуральной, местной анестезии, аналгезии и химической иммобилизации у крупного рогатого скота, мелких жвачных, северных оленей и других представи-

телей Cervidae. Включались оригинальные исследования, фармакокинетические работы, полевые исследования, клинические случаи, учебные и справочные издания по ветеринарной анестезиологии и оперативной хирургии [2, 5–7, 10, 14–21, 30, 31].

Собственное исследование носило аналитический характер. Источники группировали по четырём уровням: 1) клинические и учебные сведения по крупному рогатому скоту; 2) сравнительные данные по мелким жвачным; 3) прямые публикации по северным оленям; 4) экстраполяционные данные по другим Cervidae. При анализе отдельно учитывали вид животного, условия фиксации, тип анестезиологического вмешательства, применённые препараты, наличие кислородной поддержки и мониторинга, а также критерии оценки обезболивания и восстановления.

Приоритет отдавали источникам последних 15 лет. Более ранние публикации включали при их фундаментальном значении для оценки иммобилизационных схем, фармакологической реверсии и межвидовой экстраполяции [22, 24–29]. Исключались популярные материалы, непроверяемые интернет-источники и публикации, не содержащие клинически или методологически значимых данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Крупный рогатый скот как исходная клиническая модель

У крупного рогатого скота регионарная анестезия применяется при широком спектре вмешательств: от каудальной эпидуральной анестезии при акушерско-гинекологических манипуляциях до паравerteбральной и инфильтрационной анестезии при операциях на брюшной стенке и конечностях [2,6,7]. Эта клиническая традиция формирует исходную модель для анализа регионарных методов у жвачных, однако сама по себе не подтверждает применимость тех же доз, объёмов и точек введения у северного оленя.

Сравнительные данные по мелким жвачным занимают промежуточное положение. В работе А. Ю. Нечаева и Х. Пандранги проведена сравнительная оценка лидокаина и бупивакаина при эпидуральной анестезии у овец [5]. Методологическое значение этой публикации состоит в том, что эффективность регионарного блока должна оцениваться не только по факту наступления аналгезии, но и по её длительности, клинической при-

годности, моторному компоненту и безопасности.

Ограничения переноса данных от коров к северным оленям

Первое ограничение связано с анатомией и масштабом дозирования. При переходе от коров к северному оленю нельзя автоматически сохранять абсолютные объёмы местных анестетиков, ориентиры пункции и ожидаемую распространённость раствора местного анестетика. Различия массы тела, строения таза, толщины мягких тканей, доступности пальпаторных ориентиров и реакции на фиксацию требуют самостоятельной валидации техники [7, 9].

Второе ограничение определяется условиями выполнения процедуры. У крупного рогатого скота регионарные техники чаще выполняются в стационарных или контролируемых хозяйственных условиях. У северных оленей вмешательство нередко совмещено с отловом, групповой динамикой, стрессом, сезонной тепловой нагрузкой и химической иммобилизацией [12, 17, 23, 28]. Поэтому клинический эффект местного анестетика может маскироваться гипоксемией, гипертермией, остаточной седацией или стресс-индуцированным изменением двигательной активности.

Медикаментозная иммобилизация как фактор анестезиологического риска

Фундамент современной литературы по северным оленям составляют исследования медетомидина и его комбинаций с кетаминном. В работах J. M. Arnemo, K. A. Ryeng и соавт. описаны дозовые подходы к обратимой иммобилизации северных оленей с применением медетомидина, кетамина и атипамезола [10, 11, 22, 24–26, 29]. Однако реверсия атипамезолом не является фармакологически нейтральной процедурой: у северных оленей описан риск повторной седации, что требует осторожности при раннем выпуске животных в стадо [22].

В исследованиях свободноживущих северных оленей внешне спокойная индукция сочеталась с объективно выявляемой гипоксемией. A. L. Evans и соавт. показали, что назальная подача кислорода 1–2 л/мин корректировала гипоксемию у оцененных животных [12]. T. E. Risling и соавт. также показали значимое влияние кислородной поддержки при иммобилизации ксилазин-эторфином [23]. Эти данные принципиальны для регионарной анестезии, поскольку локальный блок у северного оленя может выполняться на фоне системной иммобилизации и нарушения газообмена.

Отдельные сообщения демонстрируют нестабильность переносимых схем. P. Monticelli и соавт. описали трудности применения ксилазина у взрослых содержащихся в неволе оленей, включая тяжёлую гипоксемию и гиповентиляцию [16]. M. Tryland и соавт. связали анестезиологические осложнения у полудомашних тундровых оленей с сочетанием высокой температуры среды, зимней шерсти и субклинической верминозной пневмонии [28].

Прямые данные по регионарной анестезии у северных оленей

Прямая литература по регионарной анестезии у северного оленя крайне ограничена. Наиболее подробный видоспецифический пример представлен S. J. Lawrence-Mills и соавт. при офтальмологической операции у самки шпицбергенско-

го северного оленя, где применялись локальные блокады мепивакаинном на фоне контролируемой седации и мониторинга [14].

В абдоминальной хирургии описан единичный случай проксимального поясничного паравerteбрального блока бупивакаинном 1 мг/кг при резекции тонкой кишки у взрослого северного оленя [21]. Данное сообщение подтверждает техническую выполнимость регионарного подхода, но не определяет стандарт, поскольку остаются неизвестными фактическая зона десенсибилизации, длительность блока, оптимальный объём раствора и риск системной токсичности.

Местные анестетики, нестероидные противовоспалительные препараты и процедурная аналгезия

Наиболее сильные прямые данные по боли у северных оленей получены при бескровной кастрации. В исследовании H. K. Nurmi и соавт. местная анестезия лидокаином при 5-минутной экспозиции не снижала основные болевые поведенческие признаки во время кастрации [20]. Этот результат не опровергает эффективность местной анестезии как метода, но показывает, что техника, время экспозиции и критерии оценки должны быть валидированы для конкретной процедуры и вида.

Фармакокинетическая опора для нестероидной противовоспалительной аналгезии у северных оленей представлена главным образом мелоксикамом. В перекрёстном исследовании H. Nurmi и соавт. однократное внутривенное или пероральное введение мелоксикама 0,5 мг/кг у молодых самцов обеспечивало длительную экспозицию препарата [19]. В пилотном полевом исследовании 2025 года подкожное введение мелоксикама ассоциировалось с изменением двигательной активности по данным GPS-мониторинга после кастрации [18].

Эпидуральная анестезия как частный случай межвидовой экстраполяции

Эпидуральная анестезия наиболее наглядно демонстрирует ограниченность межвидового переноса. Для коров эта методика является рутинной при каудальных вмешательствах и родовспоможении [2, 6, 7]. Для северного оленя опубликованных видоспецифических исследований эпидуральной анестезии литературные сведения по видоспецифическим исследованиям эпидуральной анестезии для северного оленя отсутствуют. Следовательно, эпидуральные техники у Rangifer следует рассматривать как перспективное, но пока не стандартизованное направление.

Рациональная стратегия разработки протокола должна быть поэтапной: анатомическое обоснование доступа, оценка безопасного объёма раствора, регистрация сенсорного и моторного блока, сравнение местных анестетиков разной продолжительности действия, а затем внедрение полевых протоколов с телеметрическим контролем восстановления. Опыт крупного рогатого скота и данные по овцам могут служить методологической основой [2, 5–7], но не должны заменять прямые исследования у Rangifer.

Противоречия литературы и исследовательские перспективы

Первое противоречие состоит в том, что регионарные методы у крупного рогатого скота опи-

саны как относительно рутинные техники, тогда как у северных оленей прямые данные ограничены отдельными клиническими сообщениями и исследованиями процедурной боли [10, 14, 18–21]. Второе противоречие связано с расхождением между внешне удовлетворительной иммобилизацией и объективно документированной гипоксемией у северных оленей [10–12, 23].

Третье противоречие касается местных анестетиков. У благородного оленя циркулярный блок лидокаином при удалении пантов демонстрировал более надёжную аналгезию, чем компрессия ножки рога [31], тогда как у северного оленя лидокаин при короткой экспозиции перед кастрацией не уменьшал основные болевые признаки [20]. Различия могут быть обусловлены видом животного, техникой блока, процедурой и способом оценки боли [20, 30, 31].

Перспективными направлениями являются видоспецифические фармакокинетические и фармакодинамические исследования лидокаина, бупивакаина, мепивакаина и прокаина у Rangifer, разработка шкал оценки боли, определение минимально эффективных объёмов для регионарных блоков и внедрение GPS- или телеметрического мониторинга восстановления в полевых условиях [18–21].

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания СПб ФИЦ РАН FFZF-2025-0013.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кириллин Е. В. Использование Зоветила-100 при отловах диких копытных в тундровой части Якутии. Арктические и субарктические природные ресурсы. 2014;19(2):66–69.
2. Кузнецов А.Ф., Стекольников А.А., Алемайкин И.Д. и др. Крупный рогатый скот: содержание, кормление, болезни: диагностика и лечение : учебное пособие для вузов. под ред. А. Ф. Кузнецова. 8-е изд., стер. Санкт-Петербург. Лань. 2026: 752 с. ISBN 978-5-507-56094-3. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/513616> (дата обращения: 08.06.2026). Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Лайшев К.А. и др. Оценка эпизоотической ситуации в популяциях диких северных оленей Арктической зоны РФ: обзор литературы. Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2015;4(28):38–44.
4. Морозов М.А., Новиков Б.В., Царев С.А. Применение зоветила (Zoletil) при обездвиживании лесного северного оленя (*Rangifer tarandus fennicus*) в Карелии. Вестник охотоведения. 2010;7(2):388–390.
5. Нечаев А.Ю., Пандранги Х. Сравнительная эффективность применения лидокаина и бупивакаина при эпидуральной анестезии у овец. Международный вестник ветеринарии. 2024;3: 479–484. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.479
6. Семенов Б.С., Виденин В.Н., Нечаев А.Ю. и др. Оперативная хирургия у животных : учебник для вузов. 4-е изд., доп. Санкт-Петербург : Лань. 2025: 704 с. ISBN 978-5-507-50618-7. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/449936> (дата обращения: 08.06.2026). Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Племяшов К.В., Стекольников А.А., Нечаев А.Ю. Ветеринарная анестезиология. Общая и местная анестезия : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург. Лань. 2025: 236 с. ISBN 978-5-507-56263-3. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/514712> (дата обращения: 08.06.2026). Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Решетников А.Д., Неустроев М.П., Тарабукина Н.П., Барашкова А.И., Скрыбина М.П. Развитие научного ветеринарного обеспечения оленеводства Якутии. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017;19(5-2):373–380.
9. Шелепов В.Г., Донченко А.С., Лайшев К.А., Зеленецкий Н.В., Племяшов К.В. Анатомия северного оленя. Новосибирск. Ревик-К. 2003: 434 с.
10. Arnemo J.M., Aanes R. Reversible immobilization of free-ranging Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) with medetomidine-ketamine and atipamezole. Journal of Wildlife Diseases. 2009;45(3):877–880. DOI: 10.7589/0090-3558-45.3.877
11. Arnemo J.M., Evans A.L., Miller A.L., Øs Ø. Effective immobilizing doses of medetomidine-ketamine in free-ranging, wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*). Journal of Wildlife Diseases. 2011;47(3):755–758. DOI: 10.7589/0090-3558-47.3.755
12. Evans A.L., Lian M., das Neves C.G., Øs Ø., Andersen R., Aanes R., Strand O., Tryland M., Arnemo J. M. Physiologic evaluation of medetomidine-ketamine anesthesia in free-ranging Svalbard (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) and wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*). Journal of Wildlife Diseases. 2013;49(4):1037–1041. DOI: 10.7589/2013-03-049
13. Ienello L., Rivas A., Martinelli L., Haley A., Byrne J., Wendt-Hornick E. Response and physiologic outcomes after butorphanol, midazolam, and medetomidine immobilization and reversal in captive reindeer (*Rangifer tarandus*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine. 2024;55(1):207–211. DOI: 10.1638/2023-0011
14. Lawrence-Mills S.J., Fischer M.-C., Talbot S., Reed J., Jimenez C. P. Standing sedation management of a domesticated reindeer for third eyelid removal. Open Veterinary Journal. 2023;13(8): 1037–1043. DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i8.11

ВЫВОДЫ

1. Регионарная анестезия у крупного рогатого скота является хорошо разработанным направлением ветеринарной хирургии, однако эти данные не могут автоматически переноситься на северного оленя.
2. Основные ограничения экстраполяции связаны с анатомическими различиями, масштабом дозирования, условиями фиксации, стрессовой реактивностью, сезонной физиологией и необходимостью медикаментозной иммобилизации у Rangifer.
3. Для северных оленей доказательная база по регионарной анестезии остаётся ограниченной: прямые сведения представлены преимущественно отдельными клиническими случаями, исследованиями боли при кастрации и фармакокинетическими работами по мелоксикаму.
4. Протоколы, разработанные для коров и мелких жвачных, могут использоваться только как исходная исследовательская гипотеза, но не как готовая клиническая рекомендация для северного оленя.
5. Для обоснованного применения регионарной анестезии у Rangifertarandus необходимы видоспецифические исследования анатомических ориентиров, безопасных объёмов, продолжительности сенсорного блока, выраженности моторного компонента и восстановления после процедуры.

15. Miller A.L., Evans A.L., Øs Ø., Arnemo J.M. Biochemical and hematologic reference values for free-ranging, chemically immobilized wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*) during early winter. *Journal of Wildlife Diseases*. 2013;49(2):221–228. DOI: 10.7589/2012-04-115
16. Monticelli P., McSloy A., Morath U., Adami C. Challenging anaesthetic management of captive reindeer (*Rangifer tarandus*): report of 4 cases. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. 2017;159(12):657–662. DOI: 10.17236/sat00137
17. Nieminen M. Response distances of wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* Lönnb.) and semi-domestic reindeer (*R. t. tarandus* L.) to direct provocation by a human on foot/snowshoes. *Rangifer*. 2013;33(1):1–15. DOI: 10.7557/2.33.1.2614
18. Nurmi H., Hänninen L., Laaksonen S., Valros A. The effect of a non-steroidal anti-inflammatory drug on the locomotor activity of reindeer (*Rangifer tarandus*) on their natural pastures after clamp castration: a pilot study. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2025;67: Article 17. DOI: 10.1186/s13028-025-00802-z
19. Nurmi H., Laaksonen S., Raekallio M., Hänninen L. Wintertime pharmacokinetics of intravenously and orally administered meloxicam in semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2022;49(4):423–428. DOI: 10.1016/j.vaa.2022.04.005
20. Nurmi H.K., Laaksonen S., Häätälä T.S., Sauvala M., Valros A., Hänninen L. The impact of clamp castration on the behaviour and body temperature of reindeer (*Rangifer tarandus*): effects of local anesthesia and non-steroidal anti-inflammatory drug. *Applied Animal Behaviour Science*. 2022;255:Article 105719. DOI: 10.1016/j.applanim.2022.105719
21. Parra Martínez C., Young N., Fiske-Jackson A., Bianchi C. Anaesthetic management in an adult reindeer (*Rangifer tarandus*) undergoing exploratory laparotomy for jejuno-jejunal intussusception surgery resection. *Veterinary Record Case Reports*. 2024;12:Article e846. DOI: 10.1002/vrc2.846
22. Ranheim B., Horsberg T.E., Nymoen U., Søli N.E., Tyler N. J.C., Arnemo J.M. Reversal of medetomidine-induced sedation in reindeer (*Rangifer tarandus*) with atipamezole increases the medetomidine concentration in plasma. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 1997;20(5):350–354. DOI: 10.1046/j.1365-2885.1997.00080.x
23. Risling T.E., Fahlman Å., Caulkett N.A., Kutz S. Physiological and behavioural effects of hypoxemia in reindeer (*Rangifer tarandus*) immobilised with xylazine-etorphine. *Animal Production Science*. 2011;51(4):355–358. DOI: 10.1071/AN10190
24. Ryeng K.A., Arnemo J.M., Larsen S. Determination of optimal immobilizing doses of a medetomidine hydrochloride and ketamine hydrochloride combination in captive reindeer. *American Journal of Veterinary Research*. 2001;62(1):119–126. DOI: 10.2460/ajvr.2001.62.119
25. Ryeng K.A., Larsen S., Ranheim B., Albertsen G., Arnemo J.M. Clinical evaluation of established optimal immobilizing doses of medetomidine-ketamine in captive reindeer (*Rangifer tarandus*). *American Journal of Veterinary Research*. 2001;62(3):406–413. DOI: 10.2460/ajvr.2001.62.406
26. Ryeng K.A., Larsen S., Arnemo J.M. Medetomidine-ketamine in reindeer (*Rangifer tarandus*): effective immobilization by hand- and dart-administered injection. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2002;33(4): 397–400. DOI: 10.1638/1042-7260(2002)033[0397:MKIRRT]2.0.CO;2
27. Soveri T., Sankari S., Salonen J.S., Nieminen M. Effects of immobilization with medetomidine and reversal with atipamezole on blood chemistry of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in autumn and late winter. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1999;40:335–349. DOI: 10.1186/BF03547013
28. Tryland M., Josefsen T.D., Sánchez Romano J., Marcin N., Mørk T., Arnemo J. M. Case report: Subclinical verminous pneumonia and high ambient temperatures had severe impact on the anesthesia of semi-domesticated Eurasian tundra reindeer (*Rangifer tarandus*) with medetomidine-ketamine. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:Article 606323. DOI: 10.3389/fvets.2021.606323
29. Tyler N.J.C., Hotvedt R., Blix A.S., Sørensen D.R. Immobilization of Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*) and Svalbard reindeer (*R. t. platyrhynchus*) with medetomidine and medetomidine-ketamine and reversal of immobilization with atipamezole. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1990;31: 479–488. DOI: 10.1186/BF03547531
30. Woodbury M.R., Haigh J.C. Innervation and anesthesia of the antler pedicle in wapiti and fallow deer. *Canadian Veterinary Journal*. 1996;37(8):486–489.
31. Woodbury M.R., Webster J.R., Verkerk G.A. et al. Comparison of analgesic techniques for antler removal in halothane-anaesthetized red deer (*Cervus elaphus*): cardiovascular and somatic responses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2005;32(2): 72–82. DOI: 10.1111/j.1467-2995.2005.00227.x

REFERENCES

1. Kirillin E. V. Use of Zoletil-100 for the capture of wild ungulates in the tundra region of Yakutia. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2014;19(2):66–69.
2. Kuznetsov A. F., Stekolnikov A. A., Alemaikin I. D., et al. Cattle: housing, feeding, diseases: diagnosis and treatment: a university textbook. Ed. by A. F. Kuznetsov. 8th ed., stereotyped. St. Petersburg: Lan; 2026: 752 p. ISBN 978-5-507-56094-3. [September 30, 2026] <https://e.lanbook.com/book/513616> Access mode: for authorized users.
3. Laishev K. A., et al. Assessment of the epizootic situation in wild reindeer populations of the Russian Arctic zone: a literature review. *Current Issues in Veterinary Biology*. 2015;4(28):38–44.
4. Morozov M. A., Novikov B. V., Tsarev S. A. Use of Zoletil for the immobilization of forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus*) in Karelia. *Bulletin of Game Management Science*. 2010;7(2):388–390.
5. Nechaev A. Yu., Pandrangi Kh. Comparative efficacy of lidocaine and bupivacaine for epidural anesthesia in sheep. *International Veterinary Bulletin*. 2024;3:479–484. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.479
6. Semenov B.S., Videnin V.N., Nechaev A.Yu., et al. Operative Surgery in Animals: A Textbook for Higher Education Institutions. 4th ed., expanded. Saint Petersburg: Lan. 2025: 704 p. ISBN 978-5-507-50618-7. [September 25, 2026] Access mode: <https://e.lanbook.com/book/449936> Access mode: for authorized users.
7. Plemyashov K.V., Stekolnikov A.A., Nechaev A.Yu. Veterinary Anesthesiology. General and Local Anesthesia: A Study Guide for Higher Education Institutions. 2nd ed., unchanged reprint. Saint Petersburg: Lan. 2025: 236 p. ISBN 978-5-507-56263-3. [September 25, 2026] Access mode: <https://e.lanbook.com/book/514712> Access mode: for authorized users.
8. Reshetnikov A.D., Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Barashkova A.I., Skryabina M.P. Development of scientific veterinary support for reindeer husbandry in Yakutia. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2017;19(5-2):373–380.
9. Shelepov V.G., Donchenko A.S., Laishev K.A., Zelenevsky N.V., Plemyashov K.V. Anatomy of a reindeer. *Novosibirsk*

Revik-K. 2003: 434 p.

10. Arnemo J.M., Aanes R. Reversible immobilization of free-ranging Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) with medetomidine-ketamine and atipamezole. *Journal of Wildlife Diseases*. 2009;45(3):877–880. DOI: 10.7589/0090-3558-45.3.877
11. Arnemo J.M., Evans A.L., Miller A.L., Øs Ø. Effective immobilizing doses of medetomidine-ketamine in free-ranging, wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*). *Journal of Wildlife Diseases*. 2011;47(3):755–758. DOI: 10.7589/0090-3558-47.3.755
12. Evans A.L., Lian M., das Neves C.G., Øs Ø., Andersen R., Aanes R., Strand O., Tryland M., Arnemo J. M. Physiologic evaluation of medetomidine-ketamine anesthesia in free-ranging Svalbard (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) and wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*). *Journal of Wildlife Diseases*. 2013;49(4):1037–1041. DOI: 10.7589/2013-03-049
13. Ienello L., Rivas A., Martinelli L., Haley A., Byrne J., Wendt-Hornick E. Response and physiologic outcomes after butorphanol, midazolam, and medetomidine immobilization and reversal in captive reindeer (*Rangifer tarandus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2024;55(1):207–211. DOI: 10.1638/2023-0011
14. Lawrence-Mills S.J., Fischer M.-C., Talbot S., Reed J., Jimenez C. P. Standing sedation management of a domesticated reindeer for third eyelid removal. *Open Veterinary Journal*. 2023;13(8): 1037–1043. DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i8.11
15. Miller A.L., Evans A.L., Øs Ø., Arnemo J.M. Biochemical and hematologic reference values for free-ranging, chemically immobilized wild Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*) during early winter. *Journal of Wildlife Diseases*. 2013;49(2):221–228. DOI: 10.7589/2012-04-115
16. Monticelli P., McSloy A., Morath U., Adami C. Challenging anaesthetic management of captive reindeer (*Rangifer tarandus*): report of 4 cases. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. 2017;159(12):657–662. DOI: 10.17236/sat00137
17. Nieminen M. Response distances of wild forest reindeer (*Rangifer tarandus fennicus* Lönnb.) and semi-domestic reindeer (*R. t. tarandus* L.) to direct provocation by a human on foot/snowshoes. *Rangifer*. 2013;33(1):1–15. DOI: 10.7557/2.33.1.2614
18. Nurmi H., Hänninen L., Laaksonen S., Valros A. The effect of a non-steroidal anti-inflammatory drug on the locomotor activity of reindeer (*Rangifer tarandus*) on their natural pastures after clamp castration: a pilot study. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2025;67: Article 17. DOI: 10.1186/s13028-025-00802-z
19. Nurmi H., Laaksonen S., Raekallio M., Hänninen L. Wintertime pharmacokinetics of intravenously and orally administered meloxicam in semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2022;49(4):423–428. DOI: 10.1016/j.vaa.2022.04.005
20. Nurmi H.K., Laaksonen S., Häätälä T.S., Sauvala M., Valros A., Hänninen L. The impact of clamp castration on the behaviour and body temperature of reindeer (*Rangifer tarandus*): effects of local anesthesia and non-steroidal anti-inflammatory drug. *Applied Animal Behaviour Science*. 2022;255:Article 105719. DOI: 10.1016/j.applanim.2022.105719
21. Parra Martínez C., Young N., Fiske-Jackson A., Bianchi C. Anaesthetic management in an adult reindeer (*Rangifer tarandus*) undergoing exploratory laparotomy for jejuno-jejunal intussusception surgery resection. *Veterinary Record Case Reports*. 2024;12:Article e846. DOI: 10.1002/vrc2.846
22. Ranheim B., Horsberg T.E., Nymoen U., Søli N.E., Tyler N. J.C., Arnemo J.M. Reversal of medetomidine-induced sedation in reindeer (*Rangifer tarandus*) with atipamezole increases the medetomidine concentration in plasma. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 1997;20(5):350–354. DOI: 10.1046/j.1365-2885.1997.00080.x
23. Risling T.E., Fahlman Å., Caulkett N.A., Kutz S. Physiological and behavioural effects of hypoxemia in reindeer (*Rangifer tarandus*) immobilised with xylazine-etorphine. *Animal Production Science*. 2011;51(4):355–358. DOI: 10.1071/AN10190
24. Ryeng K.A., Arnemo J.M., Larsen S. Determination of optimal immobilizing doses of a medetomidine hydrochloride and ketamine hydrochloride combination in captive reindeer. *American Journal of Veterinary Research*. 2001;62(1):119–126. DOI: 10.2460/ajvr.2001.62.119
25. Ryeng K.A., Larsen S., Ranheim B., Albertsen G., Arnemo J.M. Clinical evaluation of established optimal immobilizing doses of medetomidine-ketamine in captive reindeer (*Rangifer tarandus*). *American Journal of Veterinary Research*. 2001;62(3):406–413. DOI: 10.2460/ajvr.2001.62.406
26. Ryeng K.A., Larsen S., Arnemo J.M. Medetomidine-ketamine in reindeer (*Rangifer tarandus*): effective immobilization by hand- and dart-administered injection. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2002;33(4): 397–400. DOI: 10.1638/1042-7260(2002)033[0397:MKIRRT]2.0.CO;2
27. Soveri T., Sankari S., Salonen J.S., Nieminen M. Effects of immobilization with medetomidine and reversal with atipamezole on blood chemistry of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in autumn and late winter. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1999;40:335–349. DOI: 10.1186/BF03547013
28. Tryland M., Josefsen T.D., Sánchez Romano J., Marcin N., Mørk T., Arnemo J. M. Case report: Subclinical verminous pneumonia and high ambient temperatures had severe impact on the anesthesia of semi-domesticated Eurasian tundra reindeer (*Rangifer tarandus*) with medetomidine-ketamine. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:Article 606323. DOI: 10.3389/fvets.2021.606323
29. Tyler N.J.C., Hotvedt R., Blix A.S., Sørensen D.R. Immobilization of Norwegian reindeer (*Rangifer tarandus*) and Svalbard reindeer (*R. t. platyrhynchus*) with medetomidine and medetomidine-ketamine and reversal of immobilization with atipamezole. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1990;31: 479–488. DOI: 10.1186/BF03547531
30. Woodbury M.R., Haigh J.C. Innervation and anesthesia of the antler pedicle in wapiti and fallow deer. *Canadian Veterinary Journal*. 1996;37(8):486–489.
31. Woodbury M.R., Webster J.R., Verkerk G.A. et al. Comparison of analgesic techniques for antler removal in halothane-anaesthetized red deer (*Cervus elaphus*): cardiovascular and somatic responses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2005;32(2): 72–82. DOI: 10.1111/j.1467-2995.2005.00227.x

Поступила в редакцию / Received: 31.08.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ СТАДИЯМИ ПАРОДОНТИТОВ И ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА У СОБАК

Андрей Юрьевич Назаров^{1✉}, Дарья Алексеевна Земцова², Иван Сергеевич Синицын³

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

²Ветеринарная клиника доктора Гиль, Российская Федерация

³ветеринарная клиника «Dr. Pets», Российская Федерация

¹асп. кафедры общей, частной и оперативной хирургии, email: kanzler28.04.2018@gmail.com, orcid.org/0009-0004-7331-0525

²ветеринарный врач, orcid.org/0009-0004-1989-0346

³ассистент ветеринарного врача, orcid.org/0009-0001-5458-1117

РЕФЕРАТ

Целью представленного исследования была конкретизация наблюдаемых при визуальном осмотре и рентгенографическом исследовании морфометрических особенностей тканей пародонта и зубов, наблюдаемых при пародонтитах различных стадий у собак. У каждого из пациентов проводились визуальный осмотр ротовой полости, пародонтальное зондирование, а также дентальная рентгенография.

Стадирование пародонтита у отдельно взятого пациента основывалось на интегральной оценке таких диагностических критериев, как глубина пародонтального кармана, индекс гингивита, степень рецессии десны (при наличии), степень обнажения фуркации (при наличии), подвижность зубов, а также степень потери костной ткани в области больного зуба (в процентах потери костной ткани). Исследования показали, что у животных с более поздней стадией пародонтита глубина рецессии десны и глубина пародонтальных карманов были выше, чем у животных с более ранней стадией. При этом корреляция между степенью гингивита и стадией пародонтита наблюдалась не во всех случаях. По результатам исследования, степень потери костной ткани прямо коррелировала с такими клиническими маркерами дегенеративно-воспалительных изменений мягких тканей пародонта, как глубина пародонтальных карманов и глубина рецессии десны. Отмечено, что при большой глубине рецессии уменьшается глубина пародонтальных карманов и, соответственно, данный показатель не может в полной мере быть расценен как диагностический критерий. Также в процессе исследования было обнаружено, что у некоторых животных при рентгенологическом исследовании выявляется большая вертикальная потеря костной ткани, но при этом у них были слабо выражены такие показатели дегенеративно-воспалительных изменений мягких тканей, как рецессия десны и степень обнажения фуркации зуба. Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что современные клинические классификации пародонтитов не могут полностью описать все встречаемые случаи данного заболевания и требуют расширения и уточнения.

Ключевые слова: пародонтит, пародонтальное зондирование, пародонтальный карман, гингивит, дентальная рентгенография, рецессия десны, пародонтальная проба

Для цитирования: Назаров А.Ю., Земцова Д.А., Синицын И.С. Корреляция между стадиями пародонтитов и патоморфологическими изменениями тканей пародонта у собак. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:118-122. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.118>

CORRELATION BETWEEN STAGES AND PATHOMORPHOLOGICAL SIGNS OF PERIODONTITIS IN DOGS

Andrey Yu. Nazarov^{1✉}, Darya Al. Zemtsova², Ivan S. Sinityn³

¹Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

²Dr. Gil's Veterinary Clinic, Russian Federation

³"Dr. Pets" Veterinary Clinic, Russian Federation

¹Postgraduate student, Department of General, Special, and Operative Surgery, email: kanzler28.04.2018@gmail.com, orcid.org/0009-0004-7331-0525

²Veterinarian, orcid.org/0009-0004-1989-0346

³Veterinary assistant, orcid.org/0009-0001-5458-1117

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the morphometric features of periodontal tissues and teeth observed during visual examination and radiographic examination in dogs with various stages of periodontitis. Each patient underwent a visual examination of the oral cavity, periodontal probing, and dental radiography.

Periodontitis staging in individual patients was based on an integrated assessment of diagnostic criteria including periodontal pocket depth, gingivitis index, degree of gingival recession (if present), degree of furcation exposure (if present), tooth mobility, and the degree of bone loss in the area of the diseased tooth (as a percentage of bone loss). The study showed that animals with more advanced periodontitis had greater gingival recession depth and periodontal pocket depth than those with earlier stages. However, a correlation between the degree of gingivitis and the stage of periodontitis was not observed in all cases. According to the study, the

degree of bone loss was directly correlated with clinical markers of degenerative-inflammatory changes in periodontal soft tissues, such as periodontal pocket depth and gingival recession depth. It was noted that with greater recession depth, periodontal pocket depth decreases, and, therefore, this indicator cannot be fully assessed as a diagnostic criterion. The study also revealed that some animals exhibited significant vertical bone loss on radiographic examination, but had weak indicators of degenerative-inflammatory changes in soft tissues, such as gingival recession and furcation exposure. Based on the results of the study, it can be concluded that current clinical classifications of periodontitis cannot fully describe all cases of this disease and require expansion and clarification.

Key words: periodontitis, periodontal probing, periodontal pocket, gingivitis, dental radiography, gingival recession, periodontal test.

For citation: Nazarov A.Yu., Zemtsova D.A., Sinitsyn I.S. Correlation between stages and pathomorphological signs of periodontitis in dogs. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:118-122. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.118>

ВВЕДЕНИЕ

Пародонтит - воспалительное заболевание тканей пародонта [3]. К тканям пародонта относятся десна, альвеолярная кость, цемент зуба, пародонтальная связка [2]. Данный диагноз входит в «Классификацию болезней животных семейств псовых и кошачьих» (ГОСТ Р 70040-2022), относится к списку «Болезни полости рта, слюнных желез и челюстей» [1]. Согласно данным Американского ветеринарного стоматологического общества (AVDS), у большинства собак и кошек, соответственно, в 80% и 70% случаев, заболевания ротовой полости развиваются уже к 3-м годам [3,5]. Результаты исследования, в рамках которого проводился статистический анализ распространённости пародонтальных заболеваний среди 600 собак, посещавших ветеринарные клиники в Сургуте и Саратове, показал, что у 13,67% пациентов наблюдался пародонтит [6].

Выбор методов лечения пародонтитов животных напрямую зависит от стадии заболевания. Ткани пародонта в зависимости от стадии заболевания имеют разную степень выраженности воспалительной реакции, деструктивных процессов и, соответственно, разную способность к восстановлению при лечении. В связи с этим изучение диагностических признаков, наблюдаемых при пародонтитах животных на различных стадиях, имеет большое значение для ветеринарной стоматологической практики.

В гуманной медицине используется комбинированный пародонтальный индекс (КПИ) Никитиной и индекс пародонтальных резервов [4]. На данный момент наиболее актуальной в ветеринарной стоматологии является классификация стадий пародонтитов Американского ветеринарного стоматологического колледжа (AVDC) [3]. Также существует пародонтальный индекс Рассела [4].

Согласно данным классификациям, в рамках обследования состояния тканей пародонта учитываются такие клинические маркеры, как потеря альвеолярной костной ткани, степень гингивита, глубина пародонтальных карманов.

При диагностике пародонтитов важна качественная, полуколичественная и количественная оценка ряда клинических признаков. К ним можно отнести гингивит, повышение подвижности зубов, наличие зубного налёта и зубного камня, наличие пародонтальных карманов, возникновение деструктивных изменений в костной ткани

пародонта, наблюдаемых на рентгенограмме [7]. В рамках диагностики пародонтита проводится оценка степени гингивита, зубного налёта, зубного камня, величины рецессии десны, степени обнажения фуркации и степени подвижности зубов. Также необходима дентальная рентгенографии всей полости рта для определения степени потери альвеолярной кости. Все вышеперечисленные показатели различаются между собой у пациентов, которые имеют патологии, связанные с пародонтом различных стадий. [8,9]

Целью настоящего исследования является более детальная конкретизация наблюдаемых при визуальном осмотре и рентгенографическом исследовании морфометрических особенностей тканей пародонта и зубов, наблюдаемых при пародонтитах различных стадий у мелких домашних животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись собаки (n=18) обоих полов и различного возраста, у которых были диагностированы пародонтиты первой, второй, третьей и четвёртой стадий. В соответствии со стадией пародонтита животные были разделены на четыре группы. В группы собак, у которых наблюдалась первая и вторая стадии пародонтита вошли по пять животных, в группы собак с третьей и четвёртой стадией пародонтита – по четыре.

В рамках настоящего исследования с использованием пародонтальных зондов оценивались глубина пародонтального кармана (в мм), индекс гингивита, степень рецессии десны при наличии (в мм), степень обнажения фуркации, подвижность зубов, а с помощью дентальной рентгенографии оценивалась степень потери костной ткани в области диагностированных зубов (в процентах потери костной ткани). При клиническом осмотре животных в одних случаях использовался пародонтальный зонд, общая длина шкалы которого была равна 15 мм, а цена деления шкалы была равна 1 мм, а в других случаях использовался пародонтальный зонд, общая длина шкалы которого была равна 10 мм, а цена деления шкалы была равна 1 мм.

Глубина пародонтального кармана измерялась путем введения градуированного пародонтального зонда в десневую борозду и регистрации расстояния от свободного края десны до дна десневой борозды или пародонтального кармана.

Для выполнения интраоральной рентгенографии у животных в одних случаях использовался дентальный оцифровщик FireCR DentalReader, в других случаях визиограф Refine R1 и дентальный рентген Woodpecker MiniRay.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании исследования морфометрических характеристик тканей пародонта у животных с первой стадией были получены следующие результаты. У трёх из пяти собак глубина десневой борозды составляла 1 мм, у остальных двух – 2 мм. Стадия гингивита во всех пяти случаях – первая. Ни в одном из случаев не было обнаружено признаков рецессии десны. Степень подвижности зубов в каждом из случаев – нулевая (наблюдается нормальная физиологическая подвижность). Обнажение фуркации ни в одном случае не было обнаружено. (Рисунок 1а). При проведении дентальной рентгенографии потери костной ткани ни у одного из пяти животных не было выявлено (Рисунок 1б).

При исследовании тканей пародонта у животных со второй стадией пародонтита было обнаружено, что одной собаки из пяти глубина пародонтального кармана – 1 мм, у второй – 2 мм, у третьей – 4 мм, у двух остальных – 3 мм. Стадия гингивита у трёх собак из пяти – первая, у двух остальных – вторая. Рецессия десны наблюдалась только у одной собаки из пяти, глубина рецессии составляла 1 мм (Рисунок 2а). Ни в одном из пяти случаев не наблюдались обнажение фуркации и изменение подвижности зубов. В среднем в группе горизонтальная потеря костной ткани составляла 17,4% (Рисунок 2б).

Исследование тканей пародонта у животных с третьей стадией показало, что в одном из четырёх случаев глубина пародонтального кармана составляла 4 мм, во втором – 5 мм, двух случаях из четырёх – 3 мм. У двух из четырёх собак наблюдалась первая степень гингивита, у других двух собак – вторая степень. У каждой из четырёх собак наблюдалась рецессия десны глубиной 1 мм, у двух других – рецессия десны не наблюдалась (Рисунок 3а). В каждом из четырёх случаев наблюдалась патологическая подвижность зубов первой степени. В среднем в группе горизонтальная потеря костной ткани составляла 35,5%

зонтальная потеря костной ткани составляла 35,5 % (Рисунок 3б).

При проведении пародонтального зондирования у животных, у которых был диагностирован пародонтит 4 стадии, были получены следующие результаты: в одном из случаев из четырёх наблюдался пародонтальный карман глубиной 6 мм, во втором – 4 мм, в двух остальных – 3 мм. У трёх собак из четырёх наблюдалась вторая степень гингивита, у одной из четырёх – первая. В одном случае из четырёх была обнаружена рецессия десны глубиной 1 мм, во втором случае – 2 мм, в третьем – 5 мм, в четвёртом рецессии десны не было обнаружено. У одной собаки наблюдалось обнажение фуркации второй степени, у двух других – первой степени, у одной из четырёх – обнажения фуркации не наблюдалось. (Рисунок 4а). Стоит отметить, что в последнем случае наблюдалась не горизонтальная (как в остальных случаях), а вертикальная потеря костной ткани в области мезиального корня. В двух случаях из четырёх была обнаружена патологическая подвижность зубов первой степени, в двух других случаях – второй степени. В среднем в группе потеря костной ткани составляла 71 % (Рисунок 4б).

В ряде случаев отмечалась сравнительно низкое значение глубина пародонтального кармана при высокой глубине рецессии десны.

Отмечались случаи, когда наблюдалась большая вертикальная потеря костной ткани у многокорневых зубов при отсутствии обнажения фуркации и рецессии десны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В значительной части случаев соблюдается следующая тенденция: чем выше стадия пародонтита, тем сильнее выражены воспалительно-дегенеративные изменения в тканях пародонта.

У животных с более поздней стадией заболе-

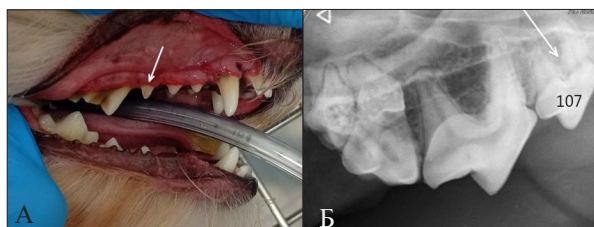


Рисунок 1. Случай пародонтита 1 стадии: А – 107 зуб у собаки; в области 107 зуба наблюдается воспаление десны (белая стрелка); Б – рентгенограмма 107 зуба: на рентгенограмме не выявлено потери костной ткани (белая стрелка).

Figure 1. Case of stage 1 periodontitis: A – tooth 107 in a dog; gingival inflammation is observed in the area of tooth 107 (white arrow); B – radiograph of tooth 107: no bone loss is detected on the radiograph (white arrow).

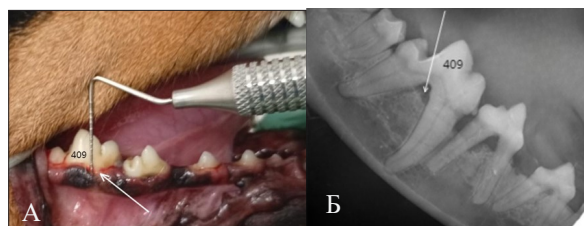


Рисунок 2. Случай пародонтита второй стадии у собаки: А – 409 зуб у собаки; в области 409 зуба наблюдается пародонтальный карман глубиной 1 мм, рецессия десны глубиной 1 мм (область снижения уровня десны отмечена белой стрелкой), гингивит второй стадии; обнажение фуркации не обнаружено; Б – рентгенограмма 409 зуба, на которой наблюдается горизонтальная потеря около 20 % костной ткани (белая стрелка).

Figure 2. Case of stage II periodontitis in a dog: A – tooth 409; a periodontal pocket 1 mm deep and gingival recession of 1 mm (the area of lowered gingival margin is marked with a white arrow) are observed in the region of tooth 409, along with stage II gingivitis; no furcation exposure is detected; B – radiograph of tooth 409 showing horizontal bone loss of approximately 20% (white arrow).

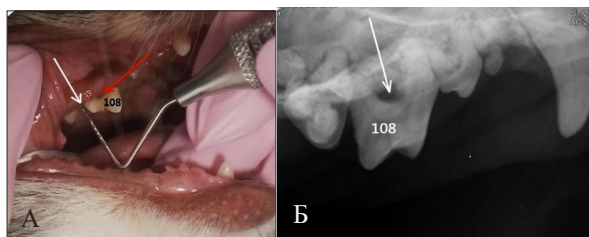


Рисунок 3. Случай пародонтита 3 стадии: а – 108 зуб у собаки; в области 108 зуба наблюдается пародонтальный карман глубиной 5 мм (белой стрелкой отмечено место введение пародонтального зонда), рецессия десны глубиной 1 мм (область снижения уровня десны отмечена красной стрелкой), гингивит первой стадии; степень обнажения фуркации – первая; б – рентгенограмма 108 зуба, на которой наблюдается горизонтальная потеря около 40 % костной ткани (белая стрелка).

Figure 3. Case of stage 3 periodontitis: a – tooth 108 in a dog; a periodontal pocket with a depth of 5 mm is observed in the area of tooth 108 (the white arrow indicates the insertion point of the periodontal probe), along with gingival recession of 1 mm (the area of lowered gingival margin is marked by the red arrow) and stage 1 gingivitis; furcation exposure is grade 1; b – radiograph of tooth 108 showing horizontal bone loss of approximately 40% (white arrow).

вания наблюдается большая глубина пародонтальных карманов, что говорит о деструктивных процессах пародонтальной связки при прогрессировании пародонтита.

Исследование показало, что глубина рецессии десны у собак в ходе развития воспаления, как правило, увеличивается.

Степень гингивита, однако, по результатам исследования, в меньшей степени, по сравнению с другими исследуемыми показателями, соотносится со стадией пародонтита.

Стадии пародонтита диагностируются главным образом на основании степени потери прикрепления альвеолярной кости. Таким образом, как показало исследование, степень потери костной тка-



Рисунок 4. Случай пародонтита 4 стадии: А – 304 зуб у собаки; в области 304 зуба наблюдается пародонтальный карман глубиной 3 мм (белая стрелка), гингивит второй стадии; рецессия десны 5 мм (чёрная стрелка); б – рентгенограмма 304 зуба, на котором наблюдается вертикальная потеря около 70 % костной ткани (белая стрелка).

Figure 4. Case of stage 4 periodontitis: A – dog's tooth 304; a periodontal pocket 3 mm deep (white arrow) and stage 2 gingivitis are observed in the area of tooth 304; gingival recession of 5 mm (black arrow); B – radiograph of tooth 304 showing vertical loss of approximately 70% of the bone tissue (white arrow).

ни прямо коррелирует с такими клиническими маркерами дегенеративно-воспалительных изменений мягких тканей пародонта, как глубина пародонтальных карманов и глубина рецессии десны.

Примечательно, что наблюдались случаи, когда наблюдалась сравнительно низкая глубина пародонтальных карманов при большой глубине рецессии десны.

Кроме того, были случаи, когда у животных отмечалась большая вертикальная потеря костной ткани, при этом были слабо выражены такие показатели дегенеративно-воспалительных изменений мягких тканей, как рецессия десны, степень обнажения фуркации зуба.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что современные клинические классификации пародонтитов не могут полностью описать все встречаемые случаи данного заболевания и требуют расширения и уточнения.

Таблица 1. Сравнение морфометрических показателей состояния.

Table 1. Comparison of morphometric indicators of condition.

	Первая стадия	Вторая стадия	Третья стадия	Четвертая стадия
Глубина пародонтального кармана	1-2 мм	1-4 мм	3-5 мм	3-8 мм
Степень гингивита	Первая	От первой до второй	От первой до второй	От первой до второй
Глубина рецессии десны	Отсутствует	0-1 мм	1 мм	0-5 мм
Степень обнажения фуркации	Отсутствует	Отсутствует	От нулевой до первой	От нулевой до второй
Потеря костной ткани в среднем в группе	Отсутствует	17,4%	35,5 %	71 %
Степень подвижность зубов	Отсутствует	Отсутствует	От нулевой до первой	От нулевой до второй

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ Р 70040-2022 Классификацию болезней животных семейств псовых и кошачьих. Москва. Российский институт стандартизации. 2022:46 с.
- Зеленевский Н.В., Щипакин М.В., Зеленевский К.Н. Анатомия животных. Практикум: учебное пособие для вузов. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург. Лань. 2026: 696 с.
- Немек Б. и др. Международное руководство по стоматологии Всемирной ассоциации ветеринарной медицины мелких домашних животных. BSAVA Manual of Canine and Feline Dentistry. 2020: 124 с.
- Семенов Б.С., Васильева М.Б. Диагностика воспалительных заболеваний пародонта у собак. Ветеринарная медицина XXI века: инновации, опыт, проблемы и пути их решения : материалы Международ-

ной научно-практической конференции, посвященной Всемирному году ветеринарии в ознаменование 250-летия профессии ветеринарного врача. Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина. 2011;2:138-141.

5. Спирина А.С. Метод лечения полимикробных пародонтитов у собак [Текст]: дис. ... канд. вет. наук: 06.02.02: защищена 25.04.2019. Спирина Анна Сергеевна. М. 2019: 135 с.

6. Лощинин С.О., Фролов В.В., Егунова А.В., Новиков Я.И. Сравнительная оценка степени распространения болезней органов полости рта у собак в различных регионах России. Аграрные конференции. 2024;2(44):16-23.

7. Фролов В.В., Егунова А.В. Комплексный анализ заболеваний пародонта у собак. Российский ветеринарный журнал. 2017;2:36-41

8. Lobprise H.B., Johnson J. Periodontal disease. Pet-Specific Care for the Veterinary Team. Wiley-Blackwell. 2022: 271-275. ISBN: 978-1-119-54066-3

9. Wallis C., Holcombe L.J. A review of the frequency and impact of periodontal disease in dogs. Journal of small animal practice. 2020; 61(9):529-540.

REFERENCES

1. GOST R 70040-2022 Classification of diseases of animals of the Canidae and Felidae families. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2022: 46 p. (in Russ)

2. Zelenevsky N.V., Shchipakin M.V., Zelenevsky K.N. Animal Anatomy. Practical Course: A Textbook for Higher Education Institutions. 3rd ed. (reprint). St. Petersburg: Lan; 2026: 696 p. (in Russ)

3. Nemes B. et al. BSAVA Manual of Canine and Feline Dentistry. 2020: 124 p. (in Russ)

4. Semenov B.S., Vasilyeva M.B. Diagnosis of inflammatory periodontal diseases in dogs. Veterinary Medicine of the 21st Century: Innovations, Experience, Problems, and Solutions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the World Veterinary Year Marking the 250th Anniversary of the Veterinary Profession. Ulyanovsk: P.A. Stolypin Ulyanovsk State Agricultural Academy; 2011;2:138-141. (in Russ)

5. Spirina A.S. Method for treating polymicrobial periodontitis in dogs [Text]: Dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences: 06.02.02: defended on April 25, 2019. Spirina Anna Sergeyevna. Moscow; 2019: 135 p. (in Russ)

6. Loshchinin S.O., Frolov V.V., Egunova A.V., Novikov Ya.I. Comparative assessment of the prevalence of oral cavity diseases in dogs across various regions of Russia. Agrarian Conferences. 2024;2(44):16-23. (in Russ)

7. Frolov V.V., Egunova A.V. Comprehensive analysis of periodontal disease in dogs. Russian Veterinary Journal. 2017;2:36-41. (in Russ)

8. Lobprise H.B., Johnson J. Periodontal disease. Pet-Specific Care for the Veterinary Team. Wiley-Blackwell. 2022: 271-275. ISBN: 978-1-119-54066-3. (in Russ)

9. Wallis C., Holcombe L.J. A review of the frequency and impact of periodontal disease in dogs. Journal of Small Animal Practice. 2020; 61(9):529-540. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 14.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 23.06.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКАДЫ МЫШЦЫ, ВЫПРЯМЛЯЮЩЕЙ ПОЗВОНОЧНИК В АБДОМИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Алексей Алексеевич Грохотов¹, Анастасия Олеговна Минина^{2✉}

^{1,2}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹аспирант, orcid.org/0009-0000-0752-6580

²канд.ветеринар.наук., доц., email: bluzma-nast@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-4176-4053

РЕФЕРАТ

Данная работа представляет собой теоретическое исследование, в рамках которого осуществлен комплексный подход к изучению механизмов различных методов воздействия анальгезии в скотоводстве.

В статье проведен анализ эффективности применения новой регионарной анестезиологической техники – блокады мышцы, выпрямляющей позвоночник (Erector Spinae Plane block, ESP-блокада) – в абдоминальной хирургии крупного рогатого скота в сравнении с эпидуральной анестезией, паравerteбральной и паралюмбальной блокадами.

Каждая блокада оценивалась по таким критериям, как: безопасность, прецизионность, сохранение моторной функции, используемые препараты выбора и сложность освоения техники проведения блокады. Все перечисленные методы анальгезии, применяемые при оперативных вмешательствах у крупного рогатого скота, безусловно имеют как достоинства, так и недостатки, что свидетельствует об отсутствии универсального метода анальгезии животных.

Ключевые слова: регионарная анестезия, блокада выпрямляющей мышцы спины, ESP-блокада, крупный рогатый скот, сравнительный анализ.

Для цитирования: Грохотов А.А., Минина А.О. Перспективы применения блокады мышцы, выпрямляющей позвоночник в абдоминальной хирургии крупного рогатого скота: сравнительный анализ эффективности. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:123-127. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.123>

PROSPECTS FOR THE USE OF SPINAL STRAIGHTENING MUSCLE BLOCKADE IN ABDOMINAL SURGERY OF CATTLE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFECTIVENESS

Alexey Al. Grokhotoy¹, Anastasia Ol. Minina²

^{1,2}Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹aspirant, orcid.org/0009-0000-0752-6580

²Candidate of Veterinary Science, Associate Professor, email: bluzma-nast@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-4176-4053

ABSTRACT

This work is a theoretical study in which a comprehensive approach has been implemented to study the mechanisms of various methods of analgesia in cattle breeding. The article analyzes the effectiveness of a new regional anesthetic technique, the spinal straightening muscle block (Erector Spinae Plane block, ESP block), in abdominal surgery in cattle in comparison with epidural anesthesia, paravertebral and paralumbal blockages. Each of them was evaluated according to criteria such as: safety, accuracy, preservation of the ability of the operated animal to stand, as well as the duration and difficulty of mastering the technique. All of the listed anesthesia methods used in surgical interventions in cattle certainly have both advantages and disadvantages, which indicates the absence of a universal method of animal analgesia.

Key words: regional anesthesia, back straightening muscle blockade, ESP blockade, cattle, comparative analysis.

For citation: Grokhotoy A.A., Minina A.O. Prospects for the use of spinal straightening muscle blockade in abdominal surgery of cattle: a comparative analysis of effectiveness. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:123-127. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.123>

ВВЕДЕНИЕ

Развитие скотоводства и необходимость быстрого и простого в техническом исполнении обеспечения безболезненной хирургической манипуляции обуславливают возрастающий интерес к различным методам анальгезии [4,29].

Перспективной является блокада мышцы, выпрямляющей позвоночник, доказавшая свою эффективность у других видов животных [6,26].

Однако применительно к КРС методика требует адаптации для выполнения тактильно-ориентированным методом, без использования средств визуальной диагностики.

Блокада мышцы, выпрямляющей позвоночник является новым методом анестезиологической практики, который нашел свое применение в ветеринарной медицине [9,14]. Данный вид блокады позволяет значительно уменьшить боле-

вой синдром во время хирургических манипуляций, а также ускорить восстановление после них.

Существуют анатомо-физиологические предпосылки для ESP-блокады у КРС. Иннервация латеральной и вентральной областей брюшной стенки у КРС осуществляется последним грудным (Th13) и первыми двумя поясничными (L1,L2) спинномозговыми нервами [1,3]. Их вентральные ветви (межреберные, подвздошно-подчревный, подвздошно-паховый нервы) обеспечивают соматическую чувствительность и моторную функцию, а также участвуют в иннервации париетальной брюшины. Традиционные техники (паралюмбальная, паравертебральная блокады) направлены на прямую блокаду этих нервов у их выхода из межпозвоночных отверстий или в паралюмбальном пространстве, что сопряжено с техническими сложностями и рисками [18,29].

ESP-блокада использует иной подход. Инъекция анестетика в фасциальную плоскость под *m. erector spinae* на уровне поперечных отростков целевых позвонков (Th13-L2) создает депо, из которого препарат распространяется краниально и каудально, а также вентрально – через соединительнотканное пространство к нервным ветвям. Кадаверное исследование на коровах продемонстрировало, что при инъекции на уровне T13-L2 краситель эффективно окрашивает дорсальные и вентральные ветви целевых нервов [7]. Важно, что при этом не наблюдалось окрашивания эпидурального пространства в большинстве случаев, что указывает на меньший риск тотальной спинальной анестезии.

Эпидуральная анестезия широко распространена при операциях на брюшной полости. Суть данного метода заключается во введении анестетика в эпидуральное пространство, что приводит к блокаде нервных корешков [8,22]. Точка вкола обычно находится между последним поясничным и первым крестцовым позвонком. Иглу вводят под углом 45 градусов до достижения эпидурального пространства, а затем вводят анестетик.

В научных источниках различают низкую и высокую блокаду. Вводимый объем анестетика и распространение его по позвоночному каналу влияют на уровень блокады.

Преимуществом эпидуральной анестезии являются ее техническая простота и доступность, а также хорошая висцеральная аналгезия [29]. Если проведена низкая блокада, животное сохраняет способность стоять, а время восстановления после хирургического вмешательства сводится к минимальному.

Паралюмбальная и паравертебральная блокады обеспечивают хорошую аналгезию брюшной стенки и внутренних органов [18]. Целью блокад является воздействие на спинномозговые нервы при выходе из позвоночного столба. Паралюмбальная блокада выполняется исключительно на уровне концов поперечно-реберных отростков поясничных позвонков, а при выполнении паравертебральной блокады техника зависит от места выполнения инъекции [12].

Целью данного исследования являлся систематический обзор литературных данных в области проведения аналгезии в скотоводстве и по-

следующее создание новой концепции, которая определяет результативность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа представляет собой сравнительный анализ четырех блокад, их методику выполнения, описание их достоинств и недостатков, а также сравнение эффективности во время хирургических вмешательств.

Исследование проведено на основе анализа современных научных литературных источников [4,28].

В статью включены оригинальные исследования, описывающие анатомические особенности [1,3], методику выполнения [5,7,8,18], эффективность [6,10,25], продолжительность действия [21,22], а также источники, где описаны риски каждой блокады [11,17,28].

Рассматривались статьи, описывающие реальные клинические случаи выполнения блокад [29,30].

Для оценки каждого метода использовались такие критерии, как: безопасность [7,17], прецизионность [12,18], сохранение моторной функции тазовых конечностей [5,29], длительность действия блокады в зависимости от выбора препарата [8,21], сложность освоения техники [1,3,7].

Информация, полученная из литературных источников, представлена в виде таблиц, с краткой расшифровкой каждого пункта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами было проведено исследование сравнительной характеристики esp-блокады и традиционных методов, таких как: паралюмбальная, паравертебральная блокады и эпидуральная анестезия.

В результате проведенных исследований выявлено, что относительно безопасными считаются ESP-блок и эпидуральная анестезия в отличие от паравертебральной и паралюмбальной блокадой, где существует риск пункции жизненно важных структур и органов, таблица 1 [7,18,29].

Преимуществом описанных блокад над высокой эпидуральной анестезией является отсутствие двигательного блока, при котором животное теряет способность стоять, что является ограничением при выполнении операций на стоячем животном [5,7,30]. Продолжительность действия блокады зависит от выбора препарата, но при выполнении эпидуральной анестезии анестетиком пролонгированного действия, таким, как бупивакаин, можно получить персистирующий двигательный блок, в результате которого чувствительность тазовых конечностей будет отсутствовать долгое время [8].

Выполнение любой из перечисленных блокад требует знаний анатомических ориентиров, а также практических навыков и опыта ветеринарного врача [1,2,3].

Опираясь на результаты литературных источников нами были выделены основные достоинства и недостатки рассматриваемых блокад. (Таб. 2).

На основании теоретического анализа можно выделить несколько ключевых направлений, где ESP-блокада может иметь преимущества.

Преимущества ESP-блокады являются: 1. Сохранение моторной функции (отсутствие воздействия на двигательные нервы, ответственные за иннервацию тазовых конечностей, позволяет

Таблица 1. Сравнительная характеристика методов регионарной анестезии для абдоминальной хирургии КРС.

Table 1. Comparative characteristics of regional anesthesia methods for bovine abdominal surgery.

Критерий	ESP-блокада	Паралюмбальная блокада	Паравертебральная блокада	Эпидуральная анестезия
Безопасность	Средняя	Низкая (риск пункции почки, брюшной полости)	Очень низкая (риск спинальной анестезии)	Средняя (риск спинальной анестезии и гипотензии)
Прецизионность	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая
Сохранение моторной функции	Да	Да	Да	Нет
Препараты выбора	Бупивакаин	Бупивакаин	Бупивакаин	Лидокаин/Прокаин
Освоение техники	Требуется	Требуется	Требуется	Требуется

Таблица 2. Достоинства и недостатки блокад.

Table 2. Advantages and disadvantages of nerve blocks.

Достоинства	ESP-блокада	Паралюмбальная блокада	Паравертебральная блокада	Эпидуральная блокада
	Отсутствие моторного блока	Простота и доступность	Хорошая висцеральная анальгезия	Хорошая анальгезия
	Не влияет на гемодинамику	Широкая известность	Высокое качество соматической анальгезии	Миорелаксация
Недостатки	Зависимость от промеров животного	Высокий процент неполных блокад	Технически сложна	Инtrateкальное введение; Субдуральная инъекция
	Требуется практических навыков	Высокий риск осложнений	Контроль правильности проведения затруднен	Высокая частота системных эффектов
	Риск неполной блокады	Потребность в больших объемах анестетика	Риск эпидурального распространения	Невозможность проведения операции на стоячих животных

животному сохранять способность стоять, что критически важно животным с большой массой тела) [5,30]; 2. Мультимодалная анальгезия (ESP-блокада идеально вписывается в концепцию сбалансированного обезболивания, позволяя существенно снизить потребность в системных анальгетиках (НПВС, опиоиды) [6,26]; 3. Гемодинамическая стабильность (метод не вызывает массивной симпатической блокады, что обеспечивает стабильность артериального давления и частоты сердечных сокращений на протяжении всей операции) [7,14]. Недостатками ESP-блокады являются: 1. Зависимость от промеров животного (для выполнения блокады необходимо пропальпировать анатомические ориентиры, что затруднительно у животных с повышенной упитанностью) [7]; 2. Требуется обучения (техника требует от ветеринарного врача практики и понимания топографической анатомии) [30]; 3. Риск неполной блокады [30].

Паралюмбальная блокада также имеет свои преимущества: 1. Простота и доступность (не требует специального оборудования, может быть выполнена в любых условиях) [18]; 2. Широкая известность (техника хорошо знакома большинству практикующих ветеринарных хирургов) [1]. Недостатки паралюмбальной блокады: 1. Низкая предсказуемость и эффективность (высокий процент неудач и неполных блокад) [18]; 2. Высокий риск осложнений (существует вероятность пер-

форации брюшной полости, пункции почки или повреждения наружной подвздошной артерии) [1,18]; 3. Потребность в больших объемах анестетика (повышает риск токсических реакций) [1].

Преимущества паравертебральной блокады:

1. Потенциально очень глубокая и надежная блокада при точном исполнении [12,29].

Недостатки паравертебральной блокады:

1. Высокая техническая сложность (требует исключительного знания топографии) [12]; 2. Критические риски (эпидуральная, инtrateкальная инъекция) [18,29]; 3. Непредсказуемость распространения препарата (сложно контролировать краниокаудальное распространение анестетика) [12].

Преимущества эпидуральной анестезии:

1. Мощный и надежный анальгетический эффект на обширной области [8,22]; 2. Миорелаксация [22].

Недостатки эпидуральной анестезии:

1. Высокая частота системных эффектов: гипотензия, атаксия/парез тазовых конечностей [8]; 2. Технические риски (возможность инtrateкальной, субдуральной инъекции с развитием тотальной спинальной анестезии) [22]; 3. Неприменимость для стоячих операций вследствие моторной блокады [5,8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ демонстрирует, что

ESP-блокада обладает наиболее сбалансированным сочетанием эффективности и безопасности. Недостатки метода, связанные с необходимостью обучения, носят преодолимый характер и не идут в сравнение с минимизацией рисков для жизни животного и повышением качества периоперационного обезболивания [7,30].

Проведенный теоретический анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Блокада мышцы, выпрямляющей позвоночник (ESP-блокада), является теоретически обоснованной, анатомически точной и безопасной альтернативой традиционным методам регионарной анестезии в абдоминальной хирургии крупного рогатого скота;
2. Сравнительный анализ демонстрирует потенциальные преимущества ESP-блокады перед па-

ралюмбальной и паравертебральной техниками по следующим критериям: более высокая точность и воспроизводимость, меньший риск тяжелых осложнений (повреждение внутренних органов, тотальная спинальная анестезия), возможность использования меньших объемов местного анестетика и потенциал для пролонгированной послеоперационной аналгезии;

3. Наиболее перспективными областями клинического применения ESP-блокады являются операции, выполняемые на стоящем животном;

4. Для окончательного подтверждения клинической эффективности и безопасности ESP-блокады у КРС необходимы рандомизированные контролируемые исследования на живых животных с оценкой интра- и послеоперационных параметров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитриева Т.А., Саленко П.Т., Шакуров М.Ш. Топографическая анатомия домашних животных : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Ветеринария". Москва. КолосС. 2008: 413 с.
2. Бетшарт-Вольфенсбергер Р., Стекольников А.А., Племяшов К.В., Нечаев А.Ю. Общая анестезия и эвтаназия в ветеринарии. Санкт-Петербург. Проспект Науки. 2017: 376 с.
3. Петраков К.А., Петраков К.А., Саленко П.Т., Панинский С.М. Оперативная хирургия с топографической анатомией животных. Учеб. для студентов вузов по спец. "Ветеринария". М. КолосС. 2003: 423 с.
4. Andersen O.K., Clark L., St Jean G. Pain Management in Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2023;39(1): 55-72.
5. Caulkett N., Cribb P.H. Analgesia and Chemical Restraint in the Standing Bovine. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2017; 33(2):229-241.
6. Chin K.J., Adhikary S., Forero M. Erector spinae plane (ESP) block: a new paradigm in regional anesthesia and analgesia. *Current Anesthesiology Reports*. 2019;9(3):271-280.
7. D'Anselme O., Hartnack A.K., de Carvalho Papa P., et al. Description of an ultrasound-guided erector spinae plane block and comparison to a blind proximal paravertebral nerve block in cows: a cadaveric study. *Animals (Basel)*. 2022;12(18):2389.
8. DeRossi R., Hermeto L.C., Jardim P.H.A., et al. Comparison of postoperative analgesic efficacy of caudal epidural levobupivacaine and levobupivacaine-dexmedetomidine in cattle. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2019;46(3):367-374.
9. Doherty T.J., Passler T. Anesthesia and analgesia in ruminants. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 5th ed. Wiley-Blackwell. 2015: 771-801.
10. El-Boghdadly K., Pawa A. The erector spinae plane block: a narrative review. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2019;72(3):209-220.
11. Forero M., Adhikary S.D., Lopez H., et al. The Erector Spinae Plane Block: A Novel Analgesic Technique in Thoracic Neuropathic Pain. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2016;41(5):621-627.
12. Fritsch R., Terschüren C., Kästner S.B. Ultrasound-guided paravertebral block in calves: a cadaveric study. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere. Nutztiere*. 2015;43(5): 273-278.
13. Grubb T., Sager J., Gaynor J.S., et al. 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2020;56(2):59-82.
14. Hamilton D.L., Manickam B. Mechanism of action of the erector spinae plane block: a narrative review. *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2021;68(3):387-392.
15. Ivanusic J., Konishi Y., Barrington M.J. A narrative review of the mechanisms of action of erector spinae plane block. *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2021;68(3):387-392.
16. Krishna S.N., Chauhan S., Bhoi D., et al. Bilateral erector spinae plane block for postoperative analgesia in lumbar spine surgery: a randomized control trial. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 2021; 33(4): 328-334.
17. Muir W.W., Hubbell J.A.E. *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. 2nd ed. Saunders. 2014.
18. Nuss K., Schmid T., Rothenanger E., et al. Field trial for the use of paravertebral anaesthesia for caesarean section in cattle. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2014;42(5):279-286.
19. Portela D.A., Verdier N., Otero P.E. Regional anesthetic techniques for the pelvic limb and abdomen in small animals: a review of the literature and technique description. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2018; 45(5): 600-615.
20. Romano M., Portela D.A., Breggi G., Otero P.E. Stress-related biomarkers in dogs undergoing regional anaesthesia prior to orthopaedic surgery. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2020;47(6):734-741.
21. Skarda R.T. Local and regional anesthesia in ruminants and swine. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1996; 12(3): 579-626.
22. Skarda R.T., Muir W.W. *Handbook of Veterinary Anesthesia*. 5th ed. Mosby. 2015. P. 616.
23. Tadesse D.B., et al. Analgesic Effectiveness of Ultrasound-Guided Unilateral Erector Spinae Plane Block Versus Paravertebral Block for Upper Abdominal Surgery: A Prospective Cohort Study. *Annals of Medicine & Surgery*. 2025;87(2): 456-463.
24. Tran D.Q., De Santiago J. *Ultrasound-guided regional anesthesia: a practical approach to peripheral nerve blocks and perineural catheters*. Springer. 2020. P. 206.
25. Tulgar S., Aydin M.E., Ahiskalioglu A., et al. Anesthetic techniques: focus on erector spinae plane block. *Agri*. 2019;31(4):165-172.
26. Tulgar S., Selvi O., Thomas D.T., et al. Exploring the indications and clinical applications of erector spinae plane block. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2020;63: 109-116.
27. Ueshima H., Otake H. Clinical experiences of erector spinae plane block for patients in the supine position. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2018;48:21-22.
28. Valverde A., Doherty T.J. Pain management in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*.

2008;24(3): 545-560.

29. Vidal E., Dewachter C., Blaze C., et al. A review of locoregional anaesthesia techniques in cattle. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2020;47(6): 720-735.

30. Viscasillas J., Sanchis-Mora S., Burillo P., et al. Erector spinae plane block in a cow undergoing flank laparotomy: a case report. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2021;48(4): 623-624.

REFERENCES

1. Dmitrieva T.A., Salenko P.T., Shakurov M.Sh. *Topographic Anatomy of Domestic Animals: A Textbook for Higher Education Students Majoring in Veterinary Medicine*. Moscow: KolosS, 2008: 413 p. (in Russ)
2. Betshart-Wolfensberger R., Stekolnikov A.A., Plemyshev K.V., Nechaev A.Yu. *General Anesthesia and Euthanasia in Veterinary Medicine*. St. Petersburg: Prospekt Nauki, 2017: 376 p. (in Russ)
3. Petrakov K.A., Salenko P.T., Paninsky S.M. *Operative Surgery and Topographic Anatomy of Animals: A Textbook for Higher Education Students Majoring in Veterinary Medicine*. Moscow: KolosS, 2003: 423 p. Andersen O.K., Clark L., St Jean G. Pain Management in Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2023;39(1): 55-72. (in Russ)
4. Caulkett N., Cribb P.H. Analgesia and Chemical Restraint in the Standing Bovine. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2017; 33(2):229-241.
5. Chin K.J., Adhikary S., Forero M. Erector spinae plane (ESP) block: a new paradigm in regional anesthesia and analgesia. *Current Anesthesiology Reports*. 2019;9(3):271-280.
6. D'Anselme O., Hartnack A.K., de Carvalho Papa P., et al. Description of an ultrasound-guided erector spinae plane block and comparison to a blind proximal paravertebral nerve block in cows: a cadaveric study. *Animals (Basel)*. 2022;12(18):2389.
7. DeRossi R., Hermeto L.C., Jardim P.H.A., et al. Comparison of postoperative analgesic efficacy of caudal epidural levobupivacaine and levobupivacaine-dexmedetomidine in cattle. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2019;46(3):367-374.
8. Doherty T.J., Passler T. *Anesthesia and analgesia in ruminants*. Veterinary Anesthesia and Analgesia. 5th ed. Wiley-Blackwell. 2015: 771-801.
9. El-Boghdady K., Pawa A. The erector spinae plane block: a narrative review. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2019;72(3):209-220.
10. Forero M., Adhikary S.D., Lopez H., et al. The Erector Spinae Plane Block: A Novel Analgesic Technique in Thoracic Neuropathic Pain. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. 2016;41(5):621-627.
11. Fritsch R., Terschüren C., Kästner S.B. Ultrasound-guided paravertebral block in calves: a cadaveric study. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere. Nutztiere*. 2015;43(5): 273-278.
12. Grubb T., Sager J., Gaynor J.S., et al. 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2020;56(2):59-82.
13. Hamilton D.L., Manickam B. Mechanism of action of the erector spinae plane block: a narrative review. *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2021;68(3):387-392.
14. Ivanusic J., Konishi Y., Barrington M.J. A narrative review of the mechanisms of action of erector spinae plane block. *Canadian Journal of Anaesthesia*. 2021;68(3):387-392.
15. Krishna S.N., Chauhan S., Bhoi D., et al. Bilateral erector spinae plane block for postoperative analgesia in lumbar spine surgery: a randomized control trial. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*. 2021; 33(4): 328-334.
16. Muir W.W., Hubbell J.A.E. *Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy*. 2nd ed. Saunders. 2014.
17. Nuss K., Schmid T., Rothenanger E., et al. Field trial for the use of paravertebral anaesthesia for caesarean section in cattle. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere – Nutztiere*. 2014;42(5):279-286.
18. Portela D.A., Verdier N., Otero P.E. Regional anesthetic techniques for the pelvic limb and abdomen in small animals: a review of the literature and technique description. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2018; 45(5): 600-615.
20. Romano M., Portela D.A., Breggi G., Otero P.E. Stress-related biomarkers in dogs undergoing regional anaesthesia prior to orthopaedic surgery. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2020;47(6):734-741.
21. Skarda R.T. Local and regional anesthesia in ruminants and swine. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1996; 12(3): 579-626.
22. Skarda R.T., Muir W.W. *Handbook of Veterinary Anesthesia*. 5th ed. Mosby. 2015. P. 616.
23. Tadesse D.B., et al. Analgesic Effectiveness of Ultrasound-Guided Unilateral Erector Spinae Plane Block Versus Paravertebral Block for Upper Abdominal Surgery: A Prospective Cohort Study. *Annals of Medicine & Surgery*. 2025;87(2): 456-463.
24. Tran D.Q., De Santiago J. *Ultrasound-guided regional anesthesia: a practical approach to peripheral nerve blocks and perineural catheters*. Springer. 2020. P. 206.
25. Tulgar S., Aydin M.E., Ahiskalioglu A., et al. Anesthetic techniques: focus on erector spinae plane block. *Agri*. 2019;31(4):165-172.
26. Tulgar S., Selvi O., Thomas D.T., et al. Exploring the indications and clinical applications of erector spinae plane block. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2020;63: 109-116.
27. Ueshima H., Otake H. Clinical experiences of erector spinae plane block for patients in the supine position. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2018;48:21-22.
28. Valverde A., Doherty T.J. Pain management in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2008;24(3): 545-560.
29. Vidal E., Dewachter C., Blaze C., et al. A review of locoregional anaesthesia techniques in cattle. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2020;47(6): 720-735.
30. Viscasillas J., Sanchis-Mora S., Burillo P., et al. Erector spinae plane block in a cow undergoing flank laparotomy: a case report. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*. 2021;48(4): 623-624.

Поступила в редакцию / Received: 19.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО СТЕНОЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D ГАЙДОВ-НАПРАВИТЕЛЕЙ У СОБАК НА СКОРОСТЬ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Мишель Карамович Салман^{1✉}, Фаина Владимировна Шакирова², Николай Андреевич Козлов³

^{1,2}Казанский ГАУ Институт "Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана", Российская Федерация
^{1,3}ветеринарный центр «Нейровет», Российская Федерация

¹аспирант, ветеринарный врач-нейрохирург, E-mail: salmanvet@mail.ru.

²д-р ветеринар.наук, доц., профессор кафедры хирургии, акушерства и патологии мелких животных, orcid.org/0000-0003-4316-2088

³д-р ветеринар.наук, проф.

РЕФЕРАТ

Проведено сравнительное исследование двух методов дорсальной ламинэктомии и транспедикулярной стабилизации сегмента L7–S1 у собак с дегенеративным пояснично-крестцовым стенозом: с использованием индивидуальных 3D-печатных гайдов-направителей и методом «свободной руки». В исследование включено 10 собак крупных пород, разделённых на две группы по 5 животных. У всех пациентов отмечались боль, затруднение при вставании, нарушение походки и парез тазовых конечностей. Диагноз подтверждали с помощью магнитно-резонансной томографии.

У животных основной группы для формирования каналов под транспедикулярные винты использовали индивидуальные навигационные шаблоны, изготовленные методом SLA-печати. Установлено, что применение 3D-печатных гайдов-направителей способствовало более быстрому восстановлению пациентов: регресс послеоперационной атаксии наступал в среднем на 7 суток раньше, восстановление опороспособности тазовых конечностей — на 0,8 суток раньше, купирование болевого синдрома — на 0,7 суток раньше, а восстановление аппетита — на 1 сутки раньше по сравнению со стандартной методикой. Полученные результаты свидетельствуют о меньшей травматичности и высокой клинической эффективности применения индивидуальных навигационных шаблонов.

Ключевые слова: компьютерная томография, пояснично-крестцовый стеноз, хирургическое лечение, собаки, 3D моделирование, индивидуальные направители, дорсальная ламинэктомия, стабилизация сегмента, транспедикулярная фиксация, гайды-направители.

Для цитирования: Салман М.К., Шакирова Ф.В., Козлов Н.А. Влияние модифицированной техники хирургического лечения пояснично-крестцового стеноза с применением индивидуальных 3D гайдов-направителей у собак на скорость послеоперационной реабилитации. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:128-130. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.128>

INFLUENCE OF A MODIFIED SURGICAL APPROACH FOR THE TREATMENT OF LUMBOSACRAL STENOSIS USING CUSTOMIZED 3D-PRINTED SURGICAL GUIDES ON THE SPEED OF POSTOPERATIVE RECOVERY IN DOGS

Michel K. Salman^{1✉}, Faina V. Shakirova², Nikolai An. Kozlov³

^{1,2}Kazan State Agrarian University, Institute "N.E. Bauman Kazan Academy of Veterinary Medicine", Russian Federation
^{1,3}"Neurovet" Veterinary Center, Russian Federation

¹Postgraduate student, veterinary neurosurgeon, E-mail: salmanvet@mail.ru

²Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Surgery, Obstetrics, and Pathology of Small Animals, orcid.org/0000-0003-4316-2088

³Doctor of Veterinary Sciences, Professor

ABSTRACT

A comparative study was conducted to evaluate two techniques of dorsal laminectomy and transpedicular stabilization of the L7–S1 segment in dogs with degenerative lumbosacral stenosis: a freehand technique and a technique using patient-specific 3D-printed drill guides. The study included 10 large-breed dogs divided into two groups of five animals each. All dogs presented with pain, difficulty rising, gait abnormalities, and pelvic limb paresis. The diagnosis was confirmed by magnetic resonance imaging (MRI).

In the experimental group, individualized navigation guides manufactured using SLA 3D printing were used to create pilot channels for pedicle screw placement. The use of 3D-printed drill guides resulted in faster postoperative recovery: ataxia resolved on average 7 days earlier, weight-bearing function of the pelvic limbs recovered 0.8 days earlier, pain resolved 0.7 days earlier, and appetite normalized 1 day earlier compared with the conventional freehand technique. These findings indicate lower surgical invasiveness and high clinical efficacy of patient-specific navigation guides in the treatment of canine degenerative lumbosacral stenosis.

Key words: computed tomography, lumbosacral stenosis, surgical treatment, dogs, 3D modeling, custom guides, dorsal laminectomy, segment stabilization, transpedicular fixation, guide wires.

For citation: Salman M.K., Shakirova F.V., Kozlov N.A. Influence of a modified surgical approach for the treatment of lumbosacral stenosis using customed 3D-printed surgical guides on the speed of postoperative recovery in dogs. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:128-130. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.128>

ВВЕДЕНИЕ

Пояснично-крестцовый стеноз — распространённое заболевание собак крупных пород, характеризующееся сужением позвоночного канала на уровне L7–S1 и компрессией нервных структур, что приводит к развитию болевого синдрома и неврологических нарушений [1,2]. Одним из ключевых факторов патогенеза считается нестабильность пояснично-крестцового соединения, способствующая дегенеративным изменениям межпозвонкового диска, суставов и связочного аппарата [1,2].

Клинические признаки включают болезненность в пояснично-крестцовой области, снижение двигательной активности, затруднение подъёма, нарушения проприоцепции и парез тазовых конечностей. Основным методом диагностики является магнитно-резонансная томография, позволяющая выявить компрессию нервных корешков и другие характерные изменения [1,2].

При выраженной нестабильности наиболее распространённым методом хирургического лечения является сочетание дорсальной ламинэктомии с транспедикулярной фиксацией сегмента L7–S1 мультiaксиальными винтами [1–3]. В последние годы для повышения точности установки имплантатов активно применяются технологии трёхмерного моделирования и индивидуальные 3D-печатные навигационные шаблоны. Их использование позволяет повысить точность проведения винтов и снизить риск интраоперационных ошибок, что делает данное направление перспективным для совершенствования хирургического лечения пояснично-крестцового стеноза у собак [4,5].

Цель исследования: доказать эффективность дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7–S1 транспедикулярной конструкцией с использованием индивидуального 3D моделирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе Центра ветеринарной неврологии, нейрохирургии и травматологии «Нейровет». Для изготовления хирургических шаблонов использовали фотополимерный 3D-принтер Anycubic Photon M3 Max, фотополимер Harz Labs Dental Clear Pro и программное обеспечение для трёхмерного моделирования BonaPlanner v.1.1.0.

Объектом исследования служили 10 собак различных пород, пола и возраста с клиническими признаками дегенеративного пояснично-крестцового стеноза, подтверждённого по результатам магнитно-резонансной томографии. Все животные имели показания к хирургическому лечению и не имели противопоказаний к проведению общей анестезии. Масса тела собак составляла от 18 до 29 кг. Ранее хирургические вмешательства на пояснично-крестцовом отделе позвоночника не выполнялись.

Метод исследования основывался на индивидуальном 3D-моделировании и применении пациент-специфичных гайдов-направителей. На основании данных компьютерной томографии

выполняли цифровое планирование транспедикулярной фиксации сегмента L7–S1 с последующим изготовлением навигационных шаблонов методом аддитивного производства. Конструкция направителей обеспечивала проведение спицы или сверла по заранее рассчитанной траектории и перенос результатов виртуального планирования непосредственно в операционное поле.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведена сравнительная оценка двух методов хирургического лечения пояснично-крестцового стеноза у собак: дорсальной ламинэктомии и транспедикулярной стабилизации сегмента L7–S1 с использованием индивидуальных 3D-печатных гайдов-направителей и без их применения. В исследование включили 10 собак с подтверждённым диагнозом и отсутствием положительной динамики на фоне медикаментозной терапии, разделённых на две группы по 5 животных. В первой группе операцию выполняли методом «свободной руки», во второй — с применением индивидуального 3D-моделирования на основе данных компьютерной томографии и навигационных шаблонов. Послеоперационное наблюдение за пациентами осуществляли в течение одного месяца.

Оценку результатов проводили по каждому животному по следующим критериям: срок купирования болевого синдрома (при пальпации области L7–S1), срок восстановления самостоятельной опороспособности, срок полного купирования атаксии тазовых конечностей, срок снятия кожных швов, срок возврата к прежнему (до начала симптомов) уровню активности, срок полной нормализации аппетита, срок восстановления самостоятельного продуктивного мочеиспускания.

Сравнительные результаты исследования представлены в таблице 1.

У контрольной группы (1 группа) одно животное наблюдалось с неосложнённой серомой в послеоперационном периоде, что нельзя считать статистически значимым результатом.

Исходя из полученных данных: у животных из второй группы, у которых проводилась дорсальная ламинэктомия и стабилизация сегмента L7–S1 транспедикулярной конструкцией с ис-



Рисунок 1. Использование гайдов-направителей в операционной ране.

Figure 1. Use of guide templates in the surgical wound.

Таблица 1. Сравнительная оценка факторов послеоперационного восстановления у исследуемых собак при проведении операции классическим методом и с использованием индивидуального 3D моделирования.

Table 1. Comparative assessment of postoperative recovery factors in the study dogs following surgery performed via the classical method versus surgery using patient-specific 3D modeling.

Показатель	Экспериментальная группа (группа 2)	Контрольная группа (группа 1)	p
Купирование боли (L7-S1)	5,7 ± 1,6	6,4 ± 1,8	0,512
Самостоятельная опороспособность	1,6 ± 0,9	2,4 ± 1,5	0,339
Купирование атаксии (дни)	11,8 ± 3,3	18,8 ± 6,0	0,052
Снятие швов (день)	14,0 ± 0,0	14,0 ± 0,0	1,000
Возврат к активности (дни)	13,8 ± 5,3	16,0 ± 7,0	0,587
Нормализация аппетита (день)	3,0 ± 1,9	4,0 ± 2,0	0,438
Самостоятельное мочеиспускание (день)	1,0 ± 0,0	1,2 ± 0,4	0,347

пользованием 3D-моделируемых гайдов-направителей, послеоперационное восстановление занимало меньше времени, чем в группе с использованием методики «свободной руки». Наиболее явно видно снижение времени купирования атаксии тазовых конечностей (на 7 дней раньше, чем в контрольной группе), но также менее длительным был срок купирования болевого синдрома, восстановления опороспособности на тазовые конечности, возврат к привычному уровню активности и аппетита. Срок снятия кожных швов не зависел от выбранного метода хирургического лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При проведении дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией, использование 3D-моделируемых гайдов-направителей и имплантов для стабилизации сегмента позволяет снизить период функциональной реабилитации тазовых конечностей.
2. Применение методики хирургического лечения с применением индивидуальных гайдов-направителей снижает длительность послеоперационного болевого синдрома и ускоряет восстановление привычной активности для пациентов с пояснично-крестцовым стенозом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Уланова Н.В., Горшков С.С. Первый в РФ опыт использования системы транспедикулярной фиксации для лечения дегенеративного пояснично-крестцового стеноза и шейной спондиломиелопатии у собак на основании серии клинических случаев. VetPharma. 2016;2 (30): 48-72. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervyy-v-rf-opyt-ispolzovaniya-sistemy-transpedikulyarnoy-fiksatsii-dlya-lecheniya-degenerativnogo-poyasnichno-kresttsovogo-stenoza-i> (дата обращения 23.01.2026).
2. Козлов Н.А., Склярлова А.Б. Опыт лечения дегенеративного пояснично-крестцового стеноза (синдром конского хвоста) у собак. Вестник АГАУ. 2018;1 (159): 141-144. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-lecheniya-degenerativnogo-poyasnichno-kresttsovogo-stenoza-sindrom-konskogo-hvosta-u-sobak> (дата обращения 23.01.2026).
3. Early P.J., Mallard A., Kraus K.H. Stiffness Comparisons of SOP Interlocking Plate Configurations in 3D Printed Canine Lumbosacral Vertebrae. Vet Sci Res. 2017; 2(4):1-9. DOI:10.23880/oajvsr-16000143
4. Toni C., Oxley B, Clarke S, Behr S. Accuracy of Placement of Pedicle Screws in the Lumbosacral Region of Dogs Using 3D-Printed Patient-Specific Drill Guides. Vet Comp Orthop Traumatol. 2021;34(1):53-58. DOI: 10.1055/s-0040-1716840
5. Beer P., Park B.H., Steffen F., Smolders D.L.A., Pozzi A., Knell S.C. Influence of a customized three-dimensionally printed drill guide on the accuracy of pedicle screw placement in lumbosacral vertebrae: An ex vivo study. Vet Surg. 2020;49(5):977-988. DOI: 10.1111/vsu.13417.

REFERENCES

1. Ulanova N.V., Gorshkov S.S. First experience in the Russian Federation with the use of a transpedicular fixation system for treating degenerative lumbosacral stenosis and cervical spondylomyelopathy in dogs: a case series. VetPharma. 2016;2 (30): 48-72. [January 23, 2026] (in Russ) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervyy-v-rf-opyt-ispolzovaniya-sistemy-transpedikulyarnoy-fiksatsii-dlya-lecheniya-degenerativnogo-poyasnichno-kresttsovogo-stenoza-i>.
2. Kozlov N.A., Sklyarova A.B. Experience in treating degenerative lumbosacral stenosis (cauda equina syndrome) in dogs. Bulletin of ASAU. 2018;1 (159): 141-144. [January 23, 2026] (in Russ) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-lecheniya-degenerativnogo-poyasnichno-kresttsovogo-stenoza-sindrom-konskogo-hvosta-u-sobak>.
3. Early P.J., Mallard A., Kraus K.H. Stiffness Comparisons of SOP Interlocking Plate Configurations in 3D Printed Canine Lumbosacral Vertebrae. Vet Sci Res. 2017; 2(4):1-9. DOI:10.23880/oajvsr-16000143
4. Toni C., Oxley B, Clarke S, Behr S. Accuracy of Placement of Pedicle Screws in the Lumbosacral Region of Dogs Using 3D-Printed Patient-Specific Drill Guides. Vet Comp Orthop Traumatol. 2021;34(1):53-58. DOI: 10.1055/s-0040-1716840
5. Beer P., Park B.H., Steffen F., Smolders D.L.A., Pozzi A., Knell S.C. Influence of a customized three-dimensionally printed drill guide on the accuracy of pedicle screw placement in lumbosacral vertebrae: An ex vivo study. Vet Surg. 2020;49(5):977-988. DOI: 10.1111/vsu.13417.

Поступила в редакцию / Received: 02.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026



ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ХЕЛАТНОГО КОМПЛЕКСА НА МОДЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS*

Илья Алексеевич Махнин¹, Лариса Юрьевна Карпенко^{2✉}

^{1,2}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹ассистент кафедры биохимии и физиологии, orcid.org/0000-0002-7484-3591

²д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии, email: l.u.karpenko@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2781-5993

РЕФЕРАТ

Радужная форель *Oncorhynchus mykiss* является одним из ключевых объектов индустриальной аквакультуры. В связи с чем изучение биологических эффектов хелатных комплексов на выживаемость, продуктивные показатели и механизмы роста представляется актуальным. Цель работы: оценить безопасность и эффективность различных дозировок хелатного комплекса на модели *Oncorhynchus mykiss*. В работе использовали хелатный комплекс Хелавит С (ООО «Юпитер», Россия). Исследование выполнено на молоди *Oncorhynchus mykiss*. Эксперимент проводился в течение 90 суток в условиях индустриального рыбного хозяйства. Хелатные комплексы разбрызгивали на гранулированный корм. Оценивали массу навески рыб (в начале эксперимента, на 45 сут, 90 сут) полученные данные использовали для сравнения прироста массы навески. Для оценки потенциальных токсичных эффектов различных доз хелатного комплекса проведены морфологические исследования печени (n=10). Оценку протеолитической активности кишечника и относительный уровень экспрессии оценивали при использовании хелатного комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма в течение 30 суток (n=10). Установлено, что применение хелатного комплекса для обогащения кормов *Oncorhynchus mykiss* оказывает дозозависимое влияние на рыбоводческие и физиологические показатели. Наиболее выраженный эффект установлен при использовании добавки в дозировке 0,5 г/кг корма: масса рыб к концу эксперимента превышала контрольный показатель на 11,5%, при этом значимых различий в выживаемости между опытными и контрольной группами не выявлено. Показано, что применение комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма способствует повышению протеолитической активности слизистой оболочки кишечника, а также увеличение относительного уровня экспрессии генов MyHC и MyoG в мышечной ткани. Выявленные изменения могут свидетельствовать об усилении гидролиза белков корма и активации механизмов миогенеза.

Ключевые слова: хелатные комплексы, миогенез, масса-размерные признаки, протеолитическая активность, *Oncorhynchus mykiss*.

Для цитирования: Махнин И.А., Карпенко Л.Ю. Характеристика безопасности и эффективности хелатного комплекса на модели *Oncorhynchus mykiss*. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:131-137. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.131>

CHARACTERISTICS OF SAFETY AND EFFICACY OF CHELATE COMPLEXES IN THE *ONCORHYNCHUS MYKISS* MODEL

Ilya Al. Makhnin¹, Larisa Yu. Karpenko^{2✉}

^{1,2}St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Assistant, Department of Biochemistry and Physiology, orcid.org/0000-0002-7484-3591

²Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, email: l.u.karpenko@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2781-5993

ABSTRACT

Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* is one of the key species in industrial aquaculture. Therefore, studying the biological effects of chelate complexes on survival, productivity indicators, and growth mechanisms is relevant. The aim of the study is to evaluate the safety and effectiveness of various dosages of a chelate complex using *Oncorhynchus mykiss* as a model. The study used the chelate complex Helavit S (LLC “Yupiter”, Russia). The research was conducted on juvenile *Oncorhynchus mykiss*. The experiment was conducted over a period of 90 days in an industrial fish farm. Chelate complexes were sprayed onto granulated feed. The weight of the fish sample was assessed (at the beginning of the experiment, on day 45, and on day 90); the data obtained were used to compare the weight gain of the sample. To assess the potential toxic effects of various dosages of the chelate complex, morphological studies of the liver were carried out (n=10). The assessment of intestinal proteolytic activity and the relative level of expression were evaluated using a chelate complex at a dosage of 0.5 g/kg of feed for 30 days (n=10). It was established that the use of a chelate complex to enrich the feed of *Oncorhynchus mykiss* has a dose-dependent effect on fishery and physiological indicators. The most pronounced effect was observed when the additive was used at a dosage of 0.5 g/kg of feed: the fish's weight at the end of the experiment exceeded the control value by 11.5%, while no significant differences in survival

rates between the experimental and control groups were detected. It has been shown that the use of the complex at a dosage of 0.5 g/kg of feed promotes an increase in the proteolytic activity of the intestinal mucosa, as well as an increase in the relative expression level of the MyHC and MyoG genes in muscle tissue. The observed changes may indicate an enhancement of protein hydrolysis in the feed and the activation of myogenesis mechanisms.

Key words: Chelate complexes, myogenesis, mass-size traits, proteolytic activity, *Oncorhynchus mykiss*.

For citation: Makhnin I.A., Karpenko L.Yu. Characterization of the safety and efficacy of chelate complex in the *Oncorhynchus mykiss* model. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:131-137. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.131>

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное рыбоводство постепенно становится доминирующей моделью в аквакультуре: оно предполагает содержание рыбы в контролируемых условиях при высокой плотности посадки и с использованием промышленных кормов [1]. Недостаточный объем производства полноценных кормов в РФ, является серьезным препятствием для развития индустриальной аквакультуры [2].

Развитие кормов для аквакультуры должно идти параллельно с развитием производства кормовых добавок. Применение кормовых добавок способствует повышению эффективности производства в рыбоводстве за счет улучшения усвояемости и биодоступности питательных веществ из кормов [3]. Среди добавок наиболее часто используются – про- и пребиотики, ферменты, витамины, аминокислоты, жирные кислоты, минералы и другие соединения [3,4].

Ключевыми критериями оценки кормовых добавок являются безопасность и эффективность. Применение кормовых добавок должны способствовать повышению прироста массы тела, улучшению конверсии корма и повышению резистентности рыб к технологическим стрессорам.

Перспективным направлением является применение хелатных форм микроэлементов, в которых ион металла связан с органическим лигандом [5,6]. Данные комплексы потенциально способны к более эффективной биодоступности минеральных веществ, несут меньшие риски образования нерастворимых соединений в желудочно-кишечном тракте и характеризуются меньшими потерями микроэлементов в водной среде [7]. В то же время эффективность и безопасность хелатных комплексов (и других кормовых добавок) должны подтверждаться в контролируемых экспериментальных условиях с учётом вида рыб, возраста, физиологического состояния, состава основного рациона, дозировки и продолжительности применения.

Радужная форель *Oncorhynchus mykiss* является одним из ключевых объектов индустриальной аквакультуры. В связи с чем изучение биологических эффектов хелатных комплексов на выживаемость, продуктивные показатели и механизмы роста представляется актуальным.

Цель работы: оценить безопасность и эффективность различных дозировок хелатного комплекса на модели *Oncorhynchus mykiss*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все исследования с рыбой проводили в соответствии с международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых

для экспериментов или в других научных целях.

В работе использовали хелатный комплекс Хелавит С (ООО “Юпитер”, Россия). Исследование выполнено на молоди *Oncorhynchus mykiss*. Эксперимент проводился в течение 90 суток в условиях индустриального рыбного хозяйства. Хелатные комплексы разбрызгивали на гранулированный корм. Для проведения эксперимента было сформировано 5 экспериментальных групп:

Контрольная группа – основной рацион (корм без добавления хелатных комплексов);

Опытная группа 1 – основной рацион + 0,125 г/кг корма;

Опытная группа 2 – основной рацион + 0,250 г/кг корма;

Опытная группа 3 – основной рацион + 0,500 г/кг корма;

Опытная группа 4 – основной рацион + 1,000 г/кг корма;

В связи с тем, что индивидуальное взвешивание каждой особи затруднительно и может вызывать дополнительный стресс у рыб, для оценки массы тела молоди использовался объёмно-весовой (гравиметрический) метод. Перед отбором пробы осуществляли предварительное взвешивание стандартной ёмкости (ведро) с известным объёмом воды. После этого из бассейна с помощью сачка отбирали равное количество особей, n=30. Оценивали массу навески рыб (в начале эксперимента, на 45 сут, 90 сут) полученные данные использовали для сравнения прироста массы навески.

Оценку выживания молоди радужной форели проводили в отдельных системах содержания при контролируемых условиях. Для проведения эксперимента было сформировано 5 экспериментальных групп (n=15). Показатели выживаемости оценивались с помощью построения кривых по методу Каплана-Майера, для сравнения кривых выживаемости использовался log-rank test.

Для оценки потенциальных токсичных эффектов различных доз хелатного комплекса проведены морфологические исследования печени (n=10) *Oncorhynchus mykiss*. Материал фиксировали 10% нейтральным забуференным формалином (Биовитрум, Россия) в течение 48 часов при комнатной температуре.

Обезвоживание и пропитывание парафином проводили по стандартизованному протоколу, основываясь на рекомендациях фирмы-производителя реактивов, в автоматическом гистологическом процессоре Infiltrator (Некстэлидженс, Россия) в готовом растворе IsoPREP (Биовитрум, Россия) и парафиновой среде HISTOMIX (Биовитрум, Россия). С использованием ротаци-

онного микротомы HM 325 (Thermo, США) изготавливали срезы толщиной 3–5 мкм, которые монтировали на предметные стекла и высушивали в термостате при температуре 37°C в течение 60 минут.

Окрашивание гистологических препаратов проводили обзорной окраской гематоксилином-эозином в соответствии с рекомендациями производителя (ЭргоПродакшн, Россия).

Рутинную микроскопию и фотопротоколирование проводили с использованием микроскопа Nikon Eclipse Ni-U (Nikon Corporation, Tokyo, Japan) с объективами 4×, 10×, 20× и 40×, и окулярами 10×, оснащенного цветной камерой высокого разрешения DS-Fi2, и программой NIS-Elements BR, v. 4.3 (Nikon Corporation, Tokyo, Japan). Оцифровка препаратов проводилась на сканере Kfbio MagScanner KF-PRO-400.

Для анализа гистологических изменений в печени оценивали полнокровию, дистрофию, утолщение оболочек, участки фиброза, воспалительную инфильтрацию. Оценку значимых параметров проводили с использованием полуколичественной балльной шкалы от 0 до 3, где 0 – отсутствие выраженности признака, 1 – слабая выраженность, 2 – умеренная выраженность, 3 – сильная выраженность.

Оценку протеолитической активности кишечника и относительный уровень экспрессии оценивали при использовании хелатного комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма в течение 30 суток (n=10).

Суммарную протеолитическую активность слизистой оболочки кишечника (преимущественно активность трипсина ЕС 3.4.21.4 и химотрипсина ЕС 3.4.21.1.) определяли по приросту тирозина с использованием реактива Фолина-Чокалтеу (Ленреактив, Россия) модифицированным методом Ансона (Anson, 1938). Для определения суммарной протеолитической активности в качестве субстратов использовали 1% растворы казеина, рН 8,0 (Ленреактив, Россия) и сывороточного альбумина, рН 7,4 (Ленреактив, Россия) приготовленные на растворе Рингера (Красфарма, Россия)[8]

Тотальную РНК выделяли из белых мышц с помощью набора RNA-extran по протоколу производителя. Целостность и качество РНК оценивали методом электрофореза на 1% агарозном геле и спектрофотометрически с коэффициентом поглощения 260/280 нм. РНК использовали для обратной транскрипции с применением и случайных гексамерных праймеров.

Для проведения qRT-PCR образцы мышц фиксировали в IntactRNA (ЗАО Евроген, Россия).

Суммарную РНК выделяли из гомогенизированной ткани с помощью раствора ExtractRNA (ЗАО Евроген, Россия) и фенол-хлороформного метода в соответствии с протоколом производителя. Измерение концентрации и чистоты тотальной РНК проведено с помощью спектрофотометра Nano-500 (Allsheng, Китай). Для постановки реакции обратной транскрипции использовали MMLV-обратную транскриптазу (ЗАО Евроген, Россия) и Random(dN)10 праймер (ЗАО Евроген, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Амплификацию кДНК проводили с использованием набора qPCRmix-HS SYBR Green 5× (ЗАО Евроген, Россия) Относительную экспрессию генов рассчитывали методом 2–ΔΔCt и нормализовали по отношению к гену «домашнего хозяйства»: Ef-1α. Параметры qRT-PCR были установлены следующим образом: 55°С в течение 15 мин, 95°С в течение 1 мин, далее 40 циклов при 95°С в течение 15 сек, 60°С в течение 20 сек и при 72°С в течение 20 сек. Все реакции проводили в трехкратной повторности.

В работе (Канцера Н.П. и др., 2020) были подобраны специфические праймеры для амплификации генов MyHC, MyoG, MyoD1b, MSTN-1a и. На основании этих данных проведена постановка ПЦР с использованием указанных праймеров. Последовательности праймеров представлены в таблице №1.

Обработка и анализ полученных данных выполнялись с помощью программного обеспечения Origin (OriginLab Corporation, США) для Windows (Microsoft, Inc., США). Данные представлены как среднее (Mean) ± SEM. Сравнение групп по массе навески, гистологическим баллам проводили с использованием непараметрического критерия ANOVA с post-hoc тестом Тьюки. Сравнение групп по относительной экспрессии проводили с использованием t-критерия Стьюдента. Различия считали значимыми при p < 0.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В начале эксперимента средняя масса навески молоди рыб в исследуемых группах составляла от 39,67 ± 0,51 до 40,67 ± 0,69 г. В контрольной группе данный показатель был равен 40,11 ± 0,485 г. Таким образом, исходная масса рыб в группах была сопоставимой, что свидетельствует об однородности сформированных групп (Рис 1).

Через 30 суток выращивания средняя масса навески рыб увеличилась во всех группах. В контрольной группе она составила 55,11 ± 0,80 г при

Таблица 1. Последовательности праймеров для постановки RT-PCR [9].

Table 1. Primer sequences for RT-PCR [9].

Ген	Последовательность 5'-3'
<i>EF-1a</i>	F: GGTGGTGTGGGTGAGTTTGAG R: AACCGCTTCTGGCTGTAGGG
<i>MyHC</i>	F: AGAATGTTTCGCCAGGTCAATG R: TCCTCAATCGCCCTCTTCAG
<i>MyoG</i>	F: TGAACGAGGCATTTCGAGGC R: AGTGCCTGCAGCCTCTCAA
<i>MyoD1b</i>	F: ATTTTCGTTCCCTGTACCTCTG R: TCGTCTTCGTTGTAATGG
<i>MSTN-1a</i>	F: CGGAAACCCAAGTGTGCTTATTC R: GGCATCAGGCGGGAGATTG

добавлении хелатного комплекса в дозе 0,125 г/кг корма – $55,56 \pm 0,29$ г, 0,250 г/кг корма – $57,56 \pm 0,29$ г, 0,500 г/кг корма – $58,22 \pm 0,87$ г, а при дозе 1,0 г/кг корма – $57,78 \pm 0,73$ г. На 60-е сутки максимальная масса навески также отмечалась при использовании хелатного комплекса в дозировке 0,500 г/кг корма – $67,67 \pm 1,02$ г, что на 5,9% превышало значение контрольной группы ($63,89 \pm 1,31$ г). В группе, получавшей 1,0 г/кг корма, средняя масса составила $65,67 \pm 0,70$ г, а при дозировках 0,125 и 0,250 г/кг – $60,55 \pm 0,91$ и $62,89 \pm 0,67$ г соответственно.

К 90-м суткам наиболее выраженное увеличение массы навески установлено в группе с дозировкой 0,500 г/кг корма: средняя масса достигла $82,89 \pm 0,49$ г, что на 11,8% выше контрольного показателя ($74,11 \pm 0,78$ г). При использовании хелатного комплекса в дозировках 0,250 и 1,0 г/кг корма масса навески была выше контроля на 3,3% и 8,8% соответственно и составила $76,56 \pm 1,25$ и $80,66 \pm 0,88$ г. При дозировке 0,125 г/кг корма средняя масса навески составила $73,55 \pm 0,40$ г и практически не отличалась от контрольной.

Таким образом, наиболее выраженное увеличение массы молоди наблюдалось при использовании хелатного комплекса в дозе 0,500 г/кг корма. При увеличении дозы хелатного комплекса до 1,0 г/кг корма дополнительного улучшения ростовых показателей (массы навески) не наблюдалось, что может указывать на достижение оптимального эффекта от хелатного комплекса при дозировке 0,500 г/кг корма.

Для хелатного комплекса выживаемость в группах 0,125; 0,250; 0,500 и 1,0 г/кг корма составила 56,67%, 66,67%, 73,33% и 73,33% соответственно (Рис 2). Сравнение кривых выживаемости с контролем 63,33%, различий не выявило.

Проведены гистологические исследования печени. Паренхима без значительных изменений с минимальными реактивными изменениями. Гепатоциты умеренно набухшие, цитоплазма с

единичными мелкими вакуолями. В паренхиме печени выявлены дистрофические изменения и воспалительная инфильтрация.

По результатам гистологической оценки воспалительной инфильтрации во всех исследуемых группах отмечалась слабая выраженность данного признака (Рис 3). Введение хелатного комплекса в рацион в дозах от 0,125 до 0,500 г/кг корма не сопровождалось выраженной воспалительной инфильтрацией тканей. Достоверные отличия степени выраженности воспалительной инфильтрации выявлены у рыб, получавших максимальную дозу хелатного комплекса – 1,000 г/кг корма. Полученные результаты могут указывать на возможную тенденцию к усилению воспалительной инфильтрации при увеличении дозы хелатного комплекса.

Достоверных отличий между группами по степени выраженности дистрофии паренхимы печени не выявлено

Полученные результаты позволили установить безопасную и эффективную дозу применения хелатного комплекса – 0,5 г/кг корма. Данная дозировка использовалась при дальнейших исследованиях по раскрытию механизмов действия хелатного комплекса.

Механизмы ответа на кормовую добавку изучались на раннем этапе её действия (30 сут), поскольку этот период позволяет оценить регуляторные сдвиги, предшествующие фенотипическим проявлениям организма на изменение состава корма.

В экспериментальной группе отмечено увеличение протеолитической активности слизи оболочки кишечника, что может свидетельствовать об усилении гидролиза белковых компонентов кормов (Рис 4). Потенциально данный механизм может приводить к увеличению конверсии корма.

При введении хелатного комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма в течение 30 суток в мышечной ткани отмечается увеличение относительно-

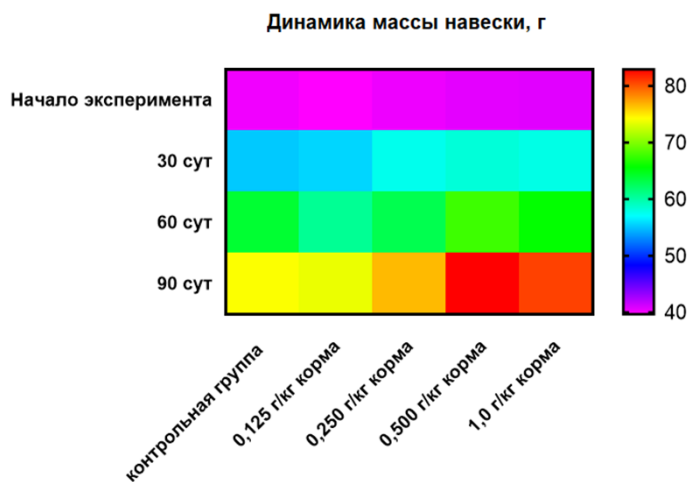


Рисунок 1. Тепловая карта динамики массы навески *Oncorhynchus mykiss* в зависимости от дозы хелатного комплекса и времени, n=30.

Figure 1. Heat map of *Oncorhynchus mykiss* weight dynamics in relation to chelate complex dosage and time, n=30.

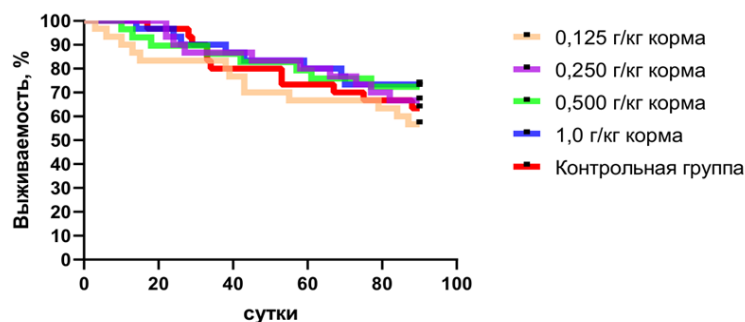


Рисунок 2. Кривые выживаемость *Oncorhynchus mykiss* в зависимости от дозы хелатного комплекса, n=30.

Figure 2. Survival curves for *Oncorhynchus mykiss* as a function of chelate complex dose, n=30.

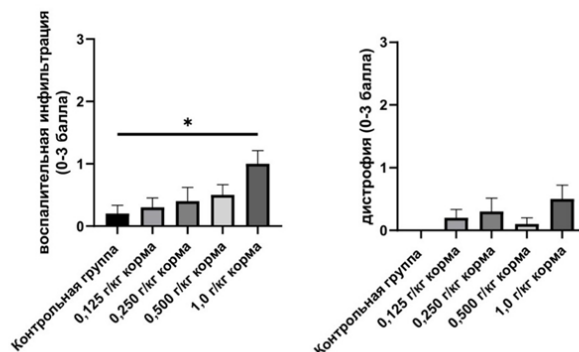


Рисунок 3. Полуколичественные показатели воспалительной инфильтрации и дистрофии паренхимы печени *Oncorhynchus mykiss* в зависимости от дозы хелатного комплекса. Данные представлены как среднее $\pm$ SEM (n = 10). Различие по данному показателю статистически достоверно * $p < 0.05$ по сравнению с контрольной группой (критерий ANOVA с post-hoc тестом Тьюки).

Figure 3. Semiquantitative indices of inflammatory infiltration and hepatic parenchymal dystrophy in *Oncorhynchus mykiss* in relation to the chelate complex dose. Data are presented as mean $\pm$ SEM (n = 10). The difference for this parameter is statistically significant (* $p < 0.05$) compared to the control group (ANOVA with Tukey's post-hoc test).

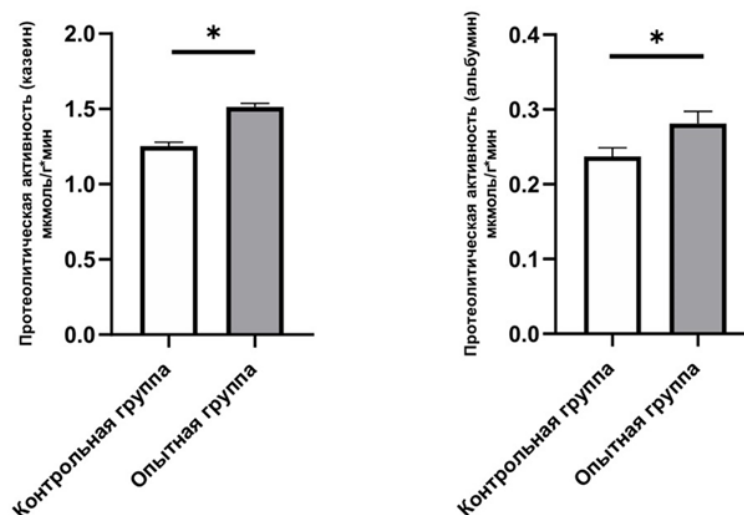


Рисунок 4. Протеолитическая активность слизистой оболочки кишечника (в качестве субстратов использовались казеин и альбумин) при действии хелатного комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма. Данные представлены как среднее $\pm$ SEM (n = 10). Различие по данному показателю статистически достоверно * $p < 0.05$ по сравнению с контрольной группой (t-критерий Стьюдента).

Figure 4. Proteolytic activity of the intestinal mucosa (casein and albumin were used as substrates) under the influence of the chelate complex at a dosage of 0.5 g/kg of feed. Data are presented as mean $\pm$ SEM (n = 10). The difference in this parameter is statistically significant (* $p < 0.05$) compared to the control group (Student's t-test).

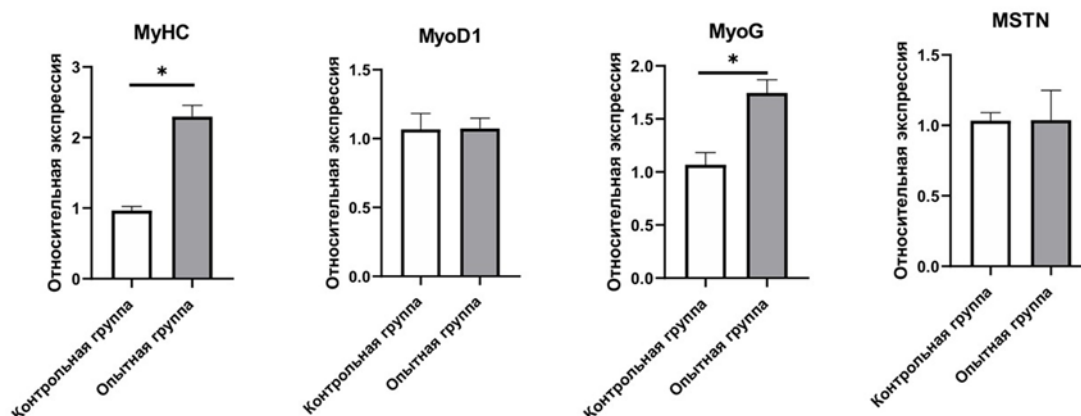


Рисунок 5. Относительный уровень экспрессии генов, кодирующих структурные и регуляторные мышечные белки при действии хелатного комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма. Данные представлены как среднее $\pm$ SEM ($n = 10$). Различие по данному показателю статистически достоверно * $p < 0.05$ по сравнению с контрольной группой (t-критерий Стьюдента).

Figure 5. Relative expression levels of genes encoding structural and regulatory muscle proteins following treatment with the chelate complex at a dosage of 0.5 g/kg of feed. Data are presented as mean $\pm$ SEM ($n = 10$). The difference for this parameter is statistically significant (* $p < 0.05$) compared to the control group (Student's t-test).

го уровня экспрессии генов MyHC и MyoG (Рис 5). Модуляция экспрессии данных генов может указывать на стимулирующее влияние хелатного комплекса на миогенез молоди радужной форели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что применение хелатного комплекса для обогащения кормов *Oncorhynchus mykiss* оказывает дозозависимое влияние на рыбопродуктивные и физиологические показатели. Наиболее выраженный эффект установлен при использовании добавки в дозировке 0,5 г/кг корма: масса рыб к концу эксперимента превышала

контрольный показатель на 11,5%, при этом значимых различий в выживаемости между опытными и контрольной группами не выявлено.

Показано, что применение комплекса в дозировке 0,5 г/кг корма способствует повышению протеолитической активности слизистой оболочки кишечника, а также увеличение относительного уровня экспрессии генов MyHC и MyoG в мышечной ткани. Выявленные изменения могут свидетельствовать об усилении гидролиза белков корма и активации механизмов миогенеза.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ № 082-03-2026-139 от 30.01.2026 «Изучение хелатных комплексов в аквакультуре для повышения продуктивности рыб и качества рыбной продукции».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Salin, K.R., Arun, V.V., Mohanakumaran Nair, C., Tidwell, J.H. Sustainable Aquafeed. In: Hai, F., Visvanathan, C., Boopathy, R. (eds) Sustainable Aquaculture. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future. Springer. Cham. 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2_4
2. Артемов Р.В., Бурлаченко И.В., Бочкарев А.И., Баскакова Ю.А. О путях повышения качества кормовой рыбной муки для нужд аквакультуры в Российской Федерации. Труды ВНИРО. 2019;176:152-159.
3. Hernández-Contreras, A., Teles, A., Salas-Leiva, J.S., Chaves-Pozo, E., Tovar-Ramírez, D. Feed Additives in Aquaculture. In: Arsenos, G., Giannenas, I. (eds) Sustainable Use of Feed Additives in Livestock. Springer. Cham. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42855-5_28
4. Singh, P.; Paul, B.N.; Giri, S.S. Feed Additives in Aquaculture—A Review. Indian J. Anim. Nutr. 2024;41:189–197.
5. Стекольников А.А., Карпенко Л.Ю. Экологические аспекты применения минерально-кормовой добавки "Хелавит" для повышения качества молока коров. Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2013;1(9):16-18.
6. Душенина О.А., Карпенко Л.Ю., Васильева С.В. и др. Влияние минеральной добавки «Хелавит С» на гематологические показатели у белых лабораторных крыс. Генетика и разведение животных. 2023;2: 78.
7. Борисов Н. Органические микроэлементы – дань моде или серьезная перспектива? Эффективное животноводство. 2020;9:166.
8. Makhnin I.A., Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu. Dynamics of total proteolytic activity of carp intestines when using feed enriched with organomineral chelate complexes. Bio web of conferences, Smolensk, 11–14 марта 2025 года. Les Ulis: EDP Sciences. 2025: 02009. DOI 10.1051/bioconf/202518102009.
9. Канцерова Н.П., Чурова, Л.А. Лысенко, Е.Д. Тушина, М.А. Родин, М.Ю. Крупнова, И.В. Суховская Влияние гипертермии на протеиназы и регуляторы роста скелетных мышц культивируемой радужной

форели *Oncorhynchus mykiss*. Биоорганическая химия. 2020;46(6):729–735.

REFERENCES

1. Salin, K.R., Arun, V.V., Mohanakumaran Nair, C., Tidwell, J.H. Sustainable Aquafeed. In: Hai, F., Visvanathan, C., Boopathy, R. (eds) Sustainable Aquaculture. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future. Springer. Cham. 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73257-2_4
2. Artemov R.V., Burlachenko I.V., Bochkarev A.I., Baskakova Yu.A. On ways to improve the quality of fish meal for aquaculture in the Russian Federation. Proceedings of VNIRO. 2019;176:152-159. (in Russ)
3. Hernández-Contreras, Á., Teles, A., Salas-Leiva, J.S., Chaves-Pozo, E., Tovar-Ramírez, D. Feed Additives in Aquaculture. In: Arsenos, G., Giannenas, I. (eds) Sustainable Use of Feed Additives in Livestock. Springer. Cham. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42855-5_28
4. Singh, P.; Paul, B.N.; Giri, S.S. Feed Additives in Aquaculture—A Review. Indian J. Anim. Nutr. 2024;41:189–197.
5. Stekolnikov A.A., Karpenko L.Yu. Ecological aspects of using the mineral feed additive "Khelavit" to improve cow milk quality. Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2013;1(9):16-18. (in Russ)
6. Dushenina O.A., Karpenko L.Yu., Vasilyeva S.V., et al. Effect of the mineral additive "Khelavit S" on hematological parameters in white laboratory rats. Genetics and Animal Breeding. 2023;2:78. (in Russ)
7. Borisov N. Organic trace elements: a passing trend or a serious prospect? Effective Animal Husbandry. 2020;9:166. (in Russ)
8. Makhnin I.A., Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu. Dynamics of total proteolytic activity of carp intestines when using feed enriched with organomineral chelate complexes. Bio web of conferences, Smolensk, 11–14 марта 2025 года. Les Ulis: EDP Sciences. 2025: 02009. DOI 10.1051/bioconf/202518102009
9. Kantserova N.P., Churova L.A., Lysenko E.D., Tushina M.A., Rodin M.Yu., Krupnova I.V., Sukhovskaya M.V. Effect of hyperthermia on proteinases and growth regulators of skeletal muscles in cultured rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Bioorganic Chemistry. 2020;46(6):729–735. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 16.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 03.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

ТЕРАТОГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ КОНЬЮГИРОВАННЫХ ФОРМ ЗЕАРАЛЕНОНА

**Фаниль Рафаэлевич Вафин^{1✉}, Эдуард Ильясович Семёнов², Екатерина Николаевна Майорова³,
Николай Михайлович Василевский⁴, Венера Ильгизовна Макаева⁵**

^{1,2,3,4,5} Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Российская Федерация

¹ канд. биол. наук, email: vafin.fr@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2274-8074

² д-р. ветеринар. наук, orcid.org/0000-0002-3029-7170

³ канд. биол. наук, orcid.org/0000-0002-2874-1498.

⁴ д-р. ветеринар. наук, проф., orcid.org/0000-0003-1019-821X

⁵ младший научный сотрудник, orcid.org/0000-0003-1355-9164

РЕФЕРАТ

Зеараленон, обладая выраженной эстрогенной активностью, вызывает нарушения репродуктивной функции у животных: снижение фертильности, изменение массы эндокринных желёз, повреждение репродуктивного тракта. Во время беременности плод особенно уязвим к действию токсинов. В растениях и грибах образуются конъюгированные формы зеараленона, которые в желудочно-кишечном тракте способны гидролизоваться с высвобождением исходного токсина, что требует оценки их тератогенного действия. Эксперимент проведён на 36 самках крыс, разделённых на четыре группы по девять животных. Первая группа получала чистый корм (контроль); вторая - кристаллический зеараленон в дозе 0,14 мг/кг; третья - экстракт кукурузы, содержащий зеараленон (0,14 мг/кг) и конъюгаты (0,043 мг/кг); четвёртая - экстракт пшеницы с зеараленоном (0,14 мг/кг) и конъюгатами (0,074 мг/кг). Токсины вводили внутриматочечно ежедневно с 1-го по 20-й день гестации. На 20-й день самок эвтаназировали, плоды извлекали, фиксировали в этаноле, просветляли в растворе гидроксида калия и окрашивали скелеты ализариновым красным для оценки остеогенеза. Во второй группе общее количество позвонков снизилось на 0,88 %, крестцовых - на 3,39 %, хвостовых - на 6,77 %, костей грудины - на 5,00 %, пястных костей - на 5,13 %. В третьей группе снижение составило: общее число позвонков - 1,47 %, крестцовых - 3,56 %, хвостовых - 7,17 %, грудины - 4,83 %, пястных костей - 2,56 %. Наибольшие изменения зафиксированы в четвёртой группе: крестцовые позвонки снизились на 4,90 %, хвостовые - на 8,37 %, грудина - на 5,20 %, пястные кости - на 7,63 %. Полученные данные свидетельствуют, что конъюгированные формы зеараленона усиливают тератогенный эффект, вероятно, за счёт гидролиза в организме и высвобождения дополнительного количества свободного токсина. Конъюгированные формы зеараленона представляют повышенную опасность, так как способны высвобождать исходный токсин, усиливая его негативное влияние на пренатальное развитие.

Ключевые слова: микотоксины, зеараленон, конъюгированные формы, тератогенное действие.

Для цитирования: Вафин Ф.Р., Семёнов Э.И., Майорова Е.Н., Василевский Н.М., Макаева В.И. Тератогенное действие конъюгированных форм зеараленона. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:138-142. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.138>

TERATOGENIC EFFECT OF CONJUGATED FORMS OF ZEARELENONE

**Fanil R. Vafin^{1✉}, Eduard I. Semenov², Ekaterina N. Mayorova³, Nikolai M. Vasilevsky⁴,
Venera I. Makaeva⁵**

^{1,2,3,4,5} Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Russian Federation

¹ Candidate of Biological Science, email: vafin.fr@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2274-8074.

² Dr. of Veterinary Sciences, orcid.org/0000-0002-3029-7170

³ Candidate of Biological Science, orcid.org/0000-0002-2874-1498.

⁴ Dr. of Veterinary Sciences, prof., email: vnckm@list.ru, orcid.org/0000-0003-1019-821X

⁵ Junior Researcher, orcid.org/0000-0003-1355-9164

ABSTRACT

Zearalenone, having pronounced estrogenic activity, causes reproductive dysfunction in animals: decreased fertility, changes in the weight of endocrine glands, damage to the reproductive tract. During pregnancy, the fetus is especially vulnerable to the effects of toxins. Conjugated forms of zearalenone are formed in plants and fungi, which can be hydrolyzed in the gastrointestinal tract with the release of the original toxin, which requires an assessment of their teratogenic effect. The experiment was conducted on 36 female rats divided into four groups of nine animals. The first group received pure food (control); the second - crystalline zearalenone at a dose of 0.14 mg / kg; the third - corn extract containing zearalenone (0.14 mg / kg) and conjugates (0.043 mg / kg). The fourth group included a wheat extract with zearalenone (0.14 mg/kg) and conjugates (0.074 mg/kg). The toxins were administered intragastrically daily from day 1 to day 20 of gestation. On day 20, the females were euthanized, the fetuses were removed, fixed in ethanol, cleared in a KOH solution, and the skeletons were stained with alizarin red to assess osteogenesis. In the second group, the total number of vertebrae decreased by 0.88%, sacral by 3.39%, caudal by 6.77%, sternum by 5.00%, and metacarpal by 5.13%. In the third group, the reduction was as follows: total vertebrae - 1.47%, sacral - 3.56%, caudal - 7.17%, sternum -

4.83%, metacarpal - 2.56%. The greatest changes were recorded in the fourth group: sacral vertebrae decreased by 4.90%, caudal - by 8.37%, sternum - by 5.20%, metacarpal - by 7.63%. The data obtained indicate that conjugated forms of zearalenone enhance the teratogenic effect, likely due to hydrolysis in the body and the release of additional amounts of free toxin. Conjugated forms of zearalenone pose an increased risk, as they are capable of releasing the original toxin, enhancing its negative impact on prenatal development.

Key words: mycotoxins, zearalenone, conjugated forms, teratogenic effects.

For citation: Vafin F.R., Semenov E.I., Mishina N.N., Tanaseva S.A., Mayorova E.N., Vasilevsky N.M., Makaeva V.I. Teratogenic effect of conjugated forms of zearalenone. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:138-142. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.138>

ВВЕДЕНИЕ

Зеараленон — продукт жизнедеятельности плесени рода *Fusarium*, включая: *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. crookwellense* и *F. semitectum*. Плесень рода *Fusarium* часто встречается: на кукурузе, после влажных лет, особенно на сортах, которые растут медленно и созревают, в оптимальных условиях роста и образования токсинов плесени. Заражение происходит на зерновых полях, а рост и образование токсинов продолжается в ненадлежащих условиях хранения [1, 2]. Помимо кукурузы, его можно обнаружить на: пшенице, ячмене, овсе, а также на других продуктах питания. Зеараленон и его производные, в зависимости от животного, которые добавляются или применяются в пищу, могут вызывать серьезные неблагоприятные последствия (например, у свиней), незначительные или отсутствующие последствия (например, у кур, индеек и кур-несушек) или даже стимулировать рост животных. Чаще всего это вызывает изменения в репродуктивной системе лабораторных животных (таких как: крысы, мыши, морские свинки, хомяки, и кролики). Исследования по всему миру установили различные эстрогенные эффекты зеараленона, такие как: снижение фертильности, увеличение резорбции эмбрионов, изменения веса некоторых эндокринных желез (надпочечников, щитовидной железы и гипофиза), повреждение репродуктивного тракта, изменения веса матки, яичников и молочных желез [3]. Эстрогенные эффекты зеараленона могут привести к увеличению маточных и молочных желез, отеку вульвы, атрофии яичек и выпадению влагалища у: крыс, мышей, свиней и морских свинок.

Согласно опубликованным исследованиям, негативное воздействие зеараленона может быть еще более выраженным во время беременности, поскольку плод уязвим к воздействию токсинов из-за хрупкости своего развития и несовершенства защитных механизмов. Многие исследования показали, что зеараленон может изменять внутриматочную среду на ранних сроках беременности, влияя на секреторный механизм эндометрия [4]. Ряд исследований указывает на то, что микотоксины оказывают различное воздействие на эукариотические организмы, включая мутагенное, тератогенное действие [5].

I. Shikhaliyeva et al. (2020) сообщили, что помимо основных форм, замаскированные токсины также встречаются в качестве загрязняющих веществ в пищевых продуктах и кормах. Замаскированные микотоксины обладают меньшей токсичностью, чем их свободные формы [6]. Однако данные M. Cirilini et al. (2016) указывают, что

перенос глюкозилированных замаскированных форм зеараленона через кишечник показал, что кишечные клетки поглощали эти замаскированные формы, а затем зеараленон высвобождался путем ферментативного расщепления [7].

Все вышеуказанные свидетельствуют о том, что эти токсины вызывают потери в сельскохозяйственном производстве и различные проблемы со здоровьем животных, следует учитывать токсичность замаскированных форм. Поэтому идентификация замаскированных форм в кормах и сельскохозяйственной продукции имеет большое значение в агропромышленном комплексе.

Целью данной работы являлось изучение тератогенного действия зеараленона и его конъюгированных форм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент по изучению тератогенного действия (анатомическое отклонение от нормы проявляющихся до рождения) зеараленона и его конъюгированных форм был проведен в условиях вивария лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». В опытах использовали интактных самок белых крыс в возрасте 2,5-3,0 месяца весом 200,0±20,0 г, которые прошли двухнедельную адаптацию. После адаптации было проведено определение фазы эстрального цикла и отобраны в фазе эструса. После спаривания с самцами в течение одной ночи для спаривания самки, в вагинальном мазке которых были обнаружены мужские половые гормоны, регистрировали оплодотворение и были отобраны для опыта. Этот день считался днём начала гестации. Вагинальные мазки от каждой самки подвергали микроскопическому исследованию (рисунок 1).

Схема опыта представлена в таблице 1. Самкам токсины вводили внутривентриально в виде 0,5% водно-спиртового раствора ежедневно по аналогии с работой [8]. Токсин получен нами по аналогии с работой [9]. Содержание зеараленона и его конъюгатов (сульфатов и гликозидов) определяли с помощью системы ВЭЖХ-МС/МС, как описано ранее (рисунок 2) [10].

На 20 день гестации самки были эвтаназированы, эмбрионы были извлечены путем кесарева сечения. Полученные эмбрионы оценивали визуально на наличие аномалий развития. Плоды фиксировали в 96 % этаноле в течение 7 дней. Объём спирта превышал объём фиксируемых плодов в десять раз. После фиксации у плодов крыс удаляли внутренние органы и погружали в 1% раствор гидроксида калия для просветления мягких тканей. Время пребывания плодов в этом растворе составляло двое суток. После того как,



Рисунок 1. Сперматозоиды в смыве из влагалища белой крысы.

Figure 1. Spermatozoa in a white rat vaginal wash.

Таблица 1. Схема опыта.

Table 1. Experimental design.

Группы	Количество животных	Состав	Доза зеараленона мг/кг	Доза конъюгатов (сульфаты+гликозиды), мг/кг
1	9	Чистый корм	-	-
2	9	Чистый корм+кристаллический зеараленон	0,14	-
3	9	Экстракт кукурузы, загрязненный зеараленоном и конъюгированными формами	0,14	0,043
4	9	Экстракт пшеницы загрязненный зеараленоном и конъюгированными формами	0,14	0,074

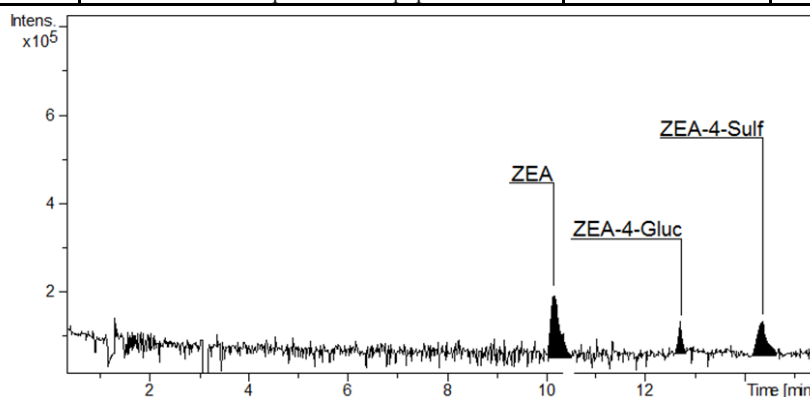


Рисунок 2. Хроматограмма экстракта зеараленона с конъюгированными формами токсина.

Figure 2. Chromatogram of zearealone extract with conjugated forms of the toxin.

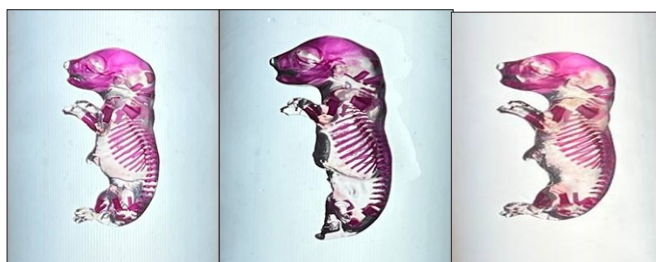


Рисунок 3. Готовые окрашенные эмбрионы крыс.

Figure 3. Ready-made stained rat embryos.

закладки костей стали видны, плоды вынимали, промывали водой и перенесли их в раствор А (150 мл глицерина, 300 мл дистиллированной воды и 10 г гидроксид калия), к которому добавляли несколько капель раствора Б (1% раствор ализарина красного С, Alizarin Red S) до появления светло-фиолетового окрашивания. Через 5 суток окостеневшие участки скелета окрашивались в красно-фиолетовый цвет. Для обесцвечивания мягких тканей плоды перенесли в раствор А на 14 дней. С целью обезжизивания, плоды провели через смеси глицерина спирта и воды (1:2:7,2:2:6,4:4:2, равные части спирта и глицерина, чистый глицерин с до-

бавлением 1-2 капель формалина). По окончании процедур просветления и окраски ализарновым красным эмбрионы были полностью прозрачны и сквозь ткани был отчетливо различим хорошо окрашенный скелет (рисунок 3).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel. Вероятность различий показателей средних в группах определяли с использованием t-критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Топография костных и хрящевых зачатков в

Таблица 2. Результаты исследования плодов по методу Доусона в ходе эксперимента.
Table 2. Results of the study of fruits using the Dawson method during the experiment.

Показатель		Группа животных			
		1	2	3	4
общее количество позвонков		33,90±0,67	33,60±0,79	33,40±0,80	33,50±0,75
шейные		7,00±0,00	7,00±0,00	7,0±0,0	7,0±0,0
грудные		13,00±0,00	13,00±0,00	13,0±0,0	13,0±0,0
поясничные		6,00±0,00	6,00±0,00	6,0±0,0	6,0±0,0
крестцовые		5,90±0,28	5,70±0,21	5,69±0,19	5,61±0,20
хвостовые		2,51±0,23	2,34±0,29	2,33±0,30	2,30±0,34
кости грудины		6,00±0,23	5,70±0,16	5,71±0,20	5,69±0,19
рёбра	слева	13,00±0,00	13,00±0,00	13,0±0,0	13,0±0,0
	справа	13,00±0,00	13,00±0,00	13,0±0,0	13,0±0,0
пястные кости	слева	3,90±0,15	3,70±0,21	3,80±0,20	3,60±0,23
	справа	3,90±0,15	3,70±0,21	3,80±0,20	3,60±0,23
плюсневые кости	слева	4,30±0,11	4,20±0,10	4,10±0,09	4,20±0,12
	справа	4,30±0,11	4,20±0,10	4,10±0,09	4,20±0,12

скелете оставались неизменной. У плодов из групп, подвергшихся воздействию зеараленона и его конъюгированных форм, наблюдалась задержка окостенения костей осевого скелета, а также последовательное остывание в развитии хвостовых позвонков, пястных и плюсневых костей.

Результаты исследования препаратов плодов по методу Даусона приведены в таблице 2.

У крыс, получавших чистый корм с кристаллическим зеараленоном, количество позвонков было меньше контроля – на 0,88%, у группы получавший экстракт кукурузы, загрязненный зеараленоном и конъюгированными формами – на 1,47, в группе, где получали экстракт пшеницы загрязненный зеараленоном и конъюгированными формами – на 1,20%. Количество крестцовых позвонков во второй группе было меньше контроля на 3,39%, в третьей – на 3,56%, в четвертой – на 4,9 %. Количество хвостовых позвонков во второй группе меньше контроля – на 6,77 %, в третьей – на 7,17 %, в четвертой – на 8,37 %.

Количество костей грудины по сравнению с контролем сократилось при введении зеараленона – на 5,00%, у третьей и четвертой групп сократилось на 4,83 % и 5,20 % соответственно. Эти результаты находят подтверждение в исследова-

ниях Ruddick J.A. и др. (1976), где частота дефектов скелета составила 12,8 %. К ним относились отсутствие или неправильное расположение грудных пластинок, короткие ребра [11].

Число пястных костей во второй группе было меньше – на 5,13 % относительно контроля, в третьей – на 2,56 %, в четвертой группе – на 7,63 %. Количество плюсневых костей меньше контроля во второй группе – на 2,33 %; в третьей – на 4,65 % в четвертой группе – на 2,33%. Collins T.F. с соавторами (2006) в своих исследованиях также установили задержку развития плода при токсическом воздействии на организм матери [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования демонстрируют, что зеараленона оказывает токсическое воздействие на развитие скелета плодов крыс, вызывая задержку окостенения осевого скелета. Снижается количество крестцовых позвонков, хвостовых, костей грудины, пястных и плюсневых костей. Конъюгированные формы зеараленона проявляют еще большую опасность, поскольку в организме высвобождаются и превращаются в родительский токсин, усиливая его концентрацию и общий вред для пренатального остеогенеза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сагдеева З.Х., Ермолаева О.К., Валиев А.Р. и др. Оценка общей токсичности кормов республики Татарстан. Ветеринарный врач. 2020; 5:59-65. DOI: 10.33632/1998-698X.2020-5-59-65
2. Тарасова Е.Ю., Хаммадов Н.И., Матросова Л.Е., Осянин К.А. Оценка протективного эффекта разработанных профилактических комплексов на целостность ДНК при экспериментальном сочетанном микотоксикозе. Ветеринарный врач. 2022; 4:70-76. DOI: 10.33632/1998-698X.2021_70_76
3. Gajecki M. Zearalenone - Undesirable substances in feed. Pol. J. Vet. Sci. 2002; 5(2):117-122.
4. Appelgren L.E., Arora R.G., Larsson P. Autoradiographic studies of [3H] zearalenone in mice. Toxicology. 1982; 25(2-3):243-253.
5. Xiaojuan Bai, Changpo Sun, Jing Xu et al. Detoxification of zearalenone from corn oil by adsorption of functionalized GO systems. Applied Surface Science. 2018; 430:198-207. ISSN 0169-4332.
6. Shikhaliyeva I., Teker T., Albayrak G. Masked Mycotoxins of Deoxynivalenol And Zearalenone Unpredicted Toxicity. Biomed J Sci & Tech Res. 2020; 29(2):004773.
7. Cirlini M., Barilli A., Galaverna G. et al. Study on the uptake and deglycosylation of the masked forms of zearalenone in human intestinal Caco-2 cells. Food Chem Toxicol. 2016; 98:232-239. DOI: 10.1016/j.fct.2016.11.003
8. Валиуллин Л.Р., Лодвигов Э.Ю. Эмбриотоксическое действие зеараленона и Т-2 токсина при их раздельном и сочетанном применении. Ветеринарный врач. 2008; 5:10-12.
9. Semenov E.I., Mishina N.N., Saitov V.R. et al. Effect Of Bee Brood And Zeolite On Broiler Chickens Exposed By Mycotoxin T-2. Natural Volatiles and Essential Oils. 2021; 8(4):3520-3531.
10. Вафин Ф.Р., Семёнов Э.И., Мишина Н.Н. и др. Эмбриотоксичность конъюгированных форм зеара-

лено. Международный вестник ветеринарии. 2025; 3:142-151.

11. Ruddick J.A., Scott, P.M., Harwig, J. Teratological evaluation of zearalenone administered orally to the rat. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1976; 15: 678–681.

12. Collins T.F., Sprando R.L., Black T.N., Olejnik N., Eppley R.M., Alam H.Z., Rorie J., Ruggles D.I. Effects of zearalenone on in utero development in rats. Food and Chemical Toxicology. 2006; 44(9): 1455-1465.

REFERENCES

1. Sagdeeva Z.Kh., Ermolaeva O.K., Valiev A.R., et al. Evaluation of the general toxicity of feed in the Republic of Tatarstan. Veterinary Doctor. 2020; 5:59-65. (in Russ) DOI: 10.33632/1998-698X.2020-5-59-65

2. Tarasova E.Yu., Khammadoev N.I., Matrosova L.E., Osyanin K.A. Evaluation of the protective effect of developed prophylactic complexes on DNA integrity in experimental combined mycotoxicosis. Veterinary Doctor. 2022; 4:70-76. (in Russ) DOI: 10.33632/1998-698X.2021_70_76

3. Gajdecki M. Zearalenone - Undesirable substances in feed. Pol. J. Vet. Sci. 2002; 5(2):117-122.

4. Appelgren L.E., Arora R.G., Larsson P. Autoradiographic studies of [3H] zearalenone in mice. Toxicology. 1982; 25(2-3):243-253.

5. Xiaojuan Bai, Changpo Sun, Jing Xu et al. Detoxification of zearalenone from corn oil by adsorption of functionalized GO systems. Applied Surface Science. 2018; 430:198-207. ISSN 0169-4332.

6. Shikhaliyeva I., Teker T., Albayrak G. Masked Mycotoxins of Deoxynivalenol and Zearalenone: Unpredicted Toxicity. Biomed J Sci & Tech Res. 2020;29(2):004773.

7. Cirilini M., Barilli A., Galaverna G. et al. Study on the uptake and deglycosylation of the masked forms of zearalenone in human intestinal Caco-2 cells. Food Chem Toxicol. 2016; 98:232-239. DOI: 10.1016/j.fct.2016.11.003.

8. Valiullin L.R., Lodvigov E.Yu. Embryotoxic effect of zearalenone and T-2 toxin with their separate and combined use. Veterinarian. 2008; 5:10-12. (in Russ) EDN JSJKSP.

9. Semenov E.I., Mishina N.N., Saitov V.R. et al. Effect of Bee Brood and Zeolite on Broiler Chickens Exposed by Mycotoxin T-2. Natural Volatiles and Essential Oils. 2021;8(4):3520-3531.

10. Vafin F.R., Semenov E.I., Mishina N.N. et al. Embryotoxicity of conjugated forms of zearalenone. International Veterinary Bulletin. 2025; 3:142-151. (in Russ).

11. Ruddick J.A., Scott, P.M., Harwig, J. Teratological evaluation of zearalenone administered orally to the rat. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1976; 15: 678–681.

12. Collins T.F., Sprando R.L., Black T.N. et al. Effects of zearalenone on in utero development in rats. Food and Chemical Toxicology. 2006;44(9): 1455-1465.

Поступила в редакцию / Received: 08.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 30.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

**ФАРМАКО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ
НА ТЕСТ-СИСТЕМЕ *Danio rerio***Илья Алексеевич Махнин¹, Лариса Юрьевна Карпенко²^{1,2}Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация¹ассистент кафедры биохимии и физиологии, orcid.org/0000-0002-7484-3591²д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии, email: l.u.karpenko@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2781-5993**РЕФЕРАТ**

Внедрение хелатных соединений в качестве кормовых добавок в аквакультуру требует обязательной оценки их безопасности. Релевантной тест-системой для оценки токсичности является аквариумная рыбка *Danio rerio*. Использование *Danio rerio* актуально при скрининговой оценке кормовых добавок и лекарственных препаратов для аквакультуры, поскольку позволяет снизить затраты на использование в экспериментах ценных промысловых рыб. Фармако-токсикологическая характеристика выполнена для следующих хелатных комплексов: Хелавит А (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс I; Хелавит В (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс II; Хелавит С (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс III. Работу проводили на эмбрионах, дехорионизированных эмбрионах и половозрелых особях *Danio rerio*. Размер шага между исследуемыми дозами отличался в два раза. Выполнена оценка острой и хронической токсичности хелатных комплексов. Показатели выживаемости оценивались с помощью построения кривых по методу Каплана-Майера, для сравнения кривых выживаемости использовался log-rank test. Для оценки потенциальных токсичных эффектов различных доз хелатного комплекса проведены морфологические исследования печени *Danio rerio* (n=5). Сравнение трёх хелатных комплексов между собой показало, что комплекс III характеризуется наилучшими показателями выживаемости рыб во всём диапазоне исследованных концентраций и может быть рекомендован для последующих исследований в индустриальной аквакультуре. Хелатные комплексы I и II демонстрируют дозозависимое снижение выживаемости тест-систем, причём комплекс I характеризуется наихудшей выживаемостью рыб в хроническом эксперименте. Анализ гистологических изменений в тканях печени выявил дистрофические изменения и воспалительную инфильтрацию при использовании хелатного комплекса I в дозировке 0,500 г/л.

Ключевые слова: хелатные комплексы, острая токсичность, хроническая токсичность, *Danio rerio*.

Для цитирования: Махнин И.А., Карпенко Л.Ю. Фармако-токсикологическая оценка хелатных комплексов на тест-системе *Danio rerio*. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:143-148. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.143>

**PHARMACO-TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF CHELATE COMPLEXES
USING THE *DANIO RERIO* TEST SYSTEM**Илья А.И. Махнин¹, Лариса Ю. Карпенко²^{1,2}St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation¹Assistant, Department of Biochemistry and Physiology, orcid.org/0000-0002-7484-3591²Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, orcid.org/0000-0002-2781-5993**ABSTRACT**

The introduction of chelated compounds as feed additives in aquaculture requires a mandatory assessment of their safety. The relevant test system for assessing toxicity is the aquarium fish *Danio rerio*. The use of *Danio rerio* is relevant for screening the safety of feed additives and medicinal products for aquaculture, as it helps reduce the costs associated with using valuable commercial fish in experiments. The pharmacotoxicological characteristics were carried out for the following chelate complexes: Helavit A (LLC "Yupiter", Russia) - chelate complex I; Helavit B (LLC "Yupiter", Russia) - chelate complex II; Helavit C (LLC "Yupiter", Russia) - chelate complex III. The work was carried out on embryos, dechorionized embryos and sexually mature individuals of *Danio rerio*. The step size between the studied doses differed by a factor of two. The acute and chronic toxicity of chelate complexes was assessed. Survival rates were evaluated using Kaplan-Meier curve analysis; the log-rank test was used to compare survival curves. To assess the potential toxic effects of various doses of the chelate complex, morphological studies of the *Danio rerio* liver were conducted (n=5). A comparison of the three chelate complexes showed that Complex III is characterized by the best fish survival rates across the entire range of concentrations studied and can be recommended for further research in industrial aquaculture. Chelate complexes I and II demonstrate a dose-dependent decrease in the survival rate of test systems, and complex I is characterized by the worst survival rate of fish in a chronic experiment. Analysis of histological changes in liver tissues revealed dystrophic changes and inflammatory infiltration when using chelate complex I at a dosage of 0.500 g/l.

Key words: chelate complexes, acute toxicity, chronic toxicity, *Danio rerio*.

For citation: Makhnin I.A., Karpenko L.Yu. Pharmacotoxicological assessment of chelate complex-

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение хелатных соединений в качестве кормовых добавок в аквакультуру требует обязательной оценки их безопасности [1-2]. Хелатирование металлов органическими лигандами может изменять растворимость, стабильность и биодоступность, что потенциально изменяет эффективность хелатных соединений как источников микроэлементов. Вместе с тем хелатные соединения могут нарушать всасываемость других микроэлементов и способствовать накоплению металлов в тканях. Оценка токсичности хелатных форм является необходимым этапом обоснования возможности их практического применения.

Релевантной тест-системой для оценки токсичности является аквариумная рыбка *Danio rerio* [3]. Данный вид широко используется в экотоксикологических и биомедицинских исследованиях благодаря простоте содержания, короткому жизненному циклу и высокой плодовитости [4].

Использование *Danio rerio* актуально при скрининговой оценке кормовых добавок и лекарственных препаратов для аквакультуры, поскольку позволяет снизить затраты на использование в экспериментах ценных промысловых рыб.

Цель работы: оценка острой и хронической токсичности хелатных комплексов на различных стадиях онтогенеза *Danio rerio*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все исследования с рыбой проводили в соответствии с международным этическим стандартом, изложенным в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в других научных целях.

Фармако-токсикологическая характеристика выполнена для следующих хелатных комплексов: Хелавит А (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс I; Хелавит В (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс II; Хелавит С (ООО «Юпитер», Россия) - хелатный комплекс III.

Работу проводили на эмбрионах, дехорионизированных эмбрионах и половозрелых особях *Danio rerio*. При исследовании острой токсичности на эмбрионах и дехорионизированных эмбрионах использовали дозы от 64 г/л до 0,0039 г/л.

В экспериментах по оценке острой токсичности на половозрелых особях использовали дозы от 0,5 г/л до 0,0039 г/л. При оценке хронической токсичности на половозрелых особях использовали дозы от 0,5 г/л до 0,125 г/л. Размер шага между исследуемыми дозами отличался в два раза. Характеристика экспериментальных групп представлена в таблице 1.

Оценку острой токсичности на эмбрионах проводили согласно рекомендациям OECD №236. Эмбрионы помещались в стандартные прозрачные плоскодонные 24-луночные планшеты из полистирола. Планшеты во время испытаний были закрыты прозрачными крышками во избежание испарения. Исследования проводили в статических условиях.

Икру распределяли в лунки планшетов в следующем количестве:

20 икринок на один планшет для каждой испытуемой концентрации;

20 икринок в качестве контроля среды ЕЗ на один планшет;

20 икринок в качестве положительного контроля на один планшет (3,4-DCA4 мг/л);

4 икринки в среде ЕЗ в качестве внутреннего контроля в планшете на каждую концентрацию;

Планшеты с эмбрионами инкубировали в термостатической камере (The Thermo Scientific, США), в которой поддерживалась постоянная температура ($28 \pm 0,1$ °C) и фотопериод (14 ч свет:10 ч темнота, при 300 люкс)

Каждые 24 часа (24...96 ч после оплодотворения) проводили наблюдения под стереомикроскопом (ZEISS SteREO Discovery.V12, Германия). Фиксировали следующие патологии: коагуляция оплодотворенной икры, отсутствие формирования сомитов, неотделение хвоста, а также отсутствие сердцебиения. Любой положительный результат в одном из данных наблюдений означает, что эмбрион погиб.

Дехорионизацию проводили механическим способом на 24 hpf (hours post fertilization / часов после оплодотворения, стадия фарингулы). После дехорионизации эмбрионы переносили в покрытые агарозой (Suzhou Yacoo Science, Китай) лунки 24-луночных планшетов, заполненные 2

Таблица 1. Характеристика экспериментальных групп.

Table 1. Characteristics of the experimental groups.

	Оценка острой токсичности на эмбрионах	Оценка острой токсичности на дехорионизированных эмбрионах	Оценка острой и хронической токсичности на половозрелых особях
Исследуемые дозы хелатного комплекса I	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 0,5 до 0,0039 г/л – острая токсичность от 0,5 до 0,125 г/л – хроническая токсичность
Исследуемые дозы хелатного комплекса II	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 0,5 до 0,0039 г/л – острая токсичность от 0,5 до 0,125 г/л – хроническая токсичность
Исследуемые дозы хелатного комплекса III	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 64 г/л до 0,0039 г/л	от 0,5 до 0,0039 г/л – острая токсичность от 0,5 до 0,125 г/л – хроническая токсичность

мл раствора на лунку. Планшеты во время испытаний были закрыты прозрачными крышками во избежание испарения. Исследования проводили в статических условиях.

Исследования острой токсичности на половозрелых особях проводили согласно рекомендациям OECD №203. Рыбы помещались в 3-литровые поликарбонатные резервуары (8 особей в каждом аквариуме). Исследования проводили в статических условиях двукратно.

Рыб распределяли в резервуары в следующем количестве:

8 рыб на один аквариум для каждой испытываемой концентрации;

8 рыб на один аквариум в качестве контроля воды (смертность в контрольных группах не должна превышать 10%);

Тестовые группы проверяли каждые 24 часа (24–96 ч). Рыбы признавались мертвой если не наблюдалось видимого движения (движения жаберных крышек) и отсутствовала реакция на касание хвостового стебля. После регистрации гибели рыбы удалялись из системы. Кроме смертности регистрировали аномальное поведение (изменение характера движений, появление пигментации).

При оценке острой токсичности (эмбрионы и половозрелые особи) определяли значения LC50 через 96 ч с помощью пробит-анализа.

Для оценки хронической токсичности хелатные комплексы растворяли в воде, которая использовалась для содержания рыб *Danio rerio*. В экспериментах по определению хронической токсичности использовали по 15 половозрелых особей, было изготовлено по 3 концентрации исследуемых хелатных комплексов, различающихся в 2,0 раза (0,5...0,125 г/л). Эксперимент проводили в полустатических условиях в течение 90 сут. Показатели выживаемости оценивались с помощью построения кривых по методу Каплана-Майера, для сравнения кривых выживаемости использовался log-rank test.

Для оценки потенциальных токсичных эффектов различных доз хелатного комплекса проведены морфологические исследования печени *Danio rerio* (n=5). Материал фиксировали 10% нейтральным забуференным формалином (Биовитрум, Россия) в течение 48 часов при комнатной температуре.

Обезвоживание и пропитывание парафином проводили по стандартизованному протоколу, основываясь на рекомендациях фирмы-производителя реактивов, в автоматическом гистологическом процессоре Infiltra (Некстэлдженс, Россия) в готовом растворе IsoPREP (Биовитрум, Россия) и парафиновой среде HISTOMIX (Биовитрум, Россия). С ис-

пользованием ротационного микротомы HM 325 (Thermo, США) изготавливали срезы толщиной 3–5 мкм, которые монтировали на предметные стекла и высушивали в термостате при температуре 37°C в течение 60 минут.

Окрашивание гистологических препаратов проводили обзорной окраской гематоксилином-эозином в соответствии с рекомендациями производителя (ЭргоПродакшн, Россия).

Рутинную микроскопию и фотопротоколирование проводили с использованием микроскопа Nikon Eclipse Ni-U (Nikon Corporation, Tokyo, Japan) с объективами 4×, 10×, 20× и 40×, и окулярами 10×, оснащенного цветной камерой высокого разрешения DS-Fi2, и программой NIS-Elements BR, v. 4.3 (Nikon Corporation, Tokyo, Japan). Оцифровка препаратов проводилась на сканере Kfbio MagScanner KF-PRO-400.

Для анализа гистологических изменений в печени оценивали полнокровию, дистрофию, утолщение оболочек, участки фиброза, воспалительную инфильтрацию. Оценку значимых параметров проводили с использованием полуколичественной балльной шкалы от 0 до 3, где 0 – отсутствие выраженности признака, 1 – слабая выраженность, 2 – умеренная выраженность, 3 – сильная выраженность.

Обработка и анализ полученных данных выполнялись с помощью программного обеспечения Origin (OriginLab Corporation, США) для Windows (Microsoft, Inc., США). Данные представлены как среднее (Mean) ± SEM. Сравнение групп по гистологическим баллам проводили с использованием непараметрического критерия ANOVA с post-hoc тестом Тьюки. Различия считали значимыми при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки острой токсичности трёх хелатных комплексов представлены в таблице 2.

Медианные летальные концентрации (LC50) для эмбрионов *Danio rerio* составили 2,54 г/л (комплекс I), 2,29 г/л (комплекс II) и 2,91 г/л (комплекс III).

При использовании дехорионированных эмбрионов значения LC50 снизились до 0,86 г/л (комплексы I), 1,03 г/л (комплексы II) и 1,13 г/л (комплекс III). Считается, что тяжелые металлы тоже могут блокироваться хорионом [5]. В контексте изучения острой токсичности хелатных комплексов, содержащих в своем составе такие металлы как железо, марганец, медь, цинк, кобальт, необходима модификация стандартных тестов. Вероятно, удаление хориона облегчает прямое проникновение соединений через поверхность эмбриона, минуя барьерную функцию обо-

Таблица 2. Острая токсичность хелатных комплексов.

Table 2. Acute toxicity of chelate complexes.

	Хелатный комплекс I	Хелатный комплекс II	Хелатный комплекс III
Оценка острой токсичности на эмбрионах <i>Danio rerio</i>			
LC50, г/л	2,54	2,29	2,91
Оценка острой токсичности на дехорионизированных эмбрионах <i>Danio rerio</i>			
LC50, г/л	0,86	1,03	1,13
Оценка острой токсичности на половозрелых особях <i>Danio rerio</i>			
LC50, г/л	8,0	9,91	11,1

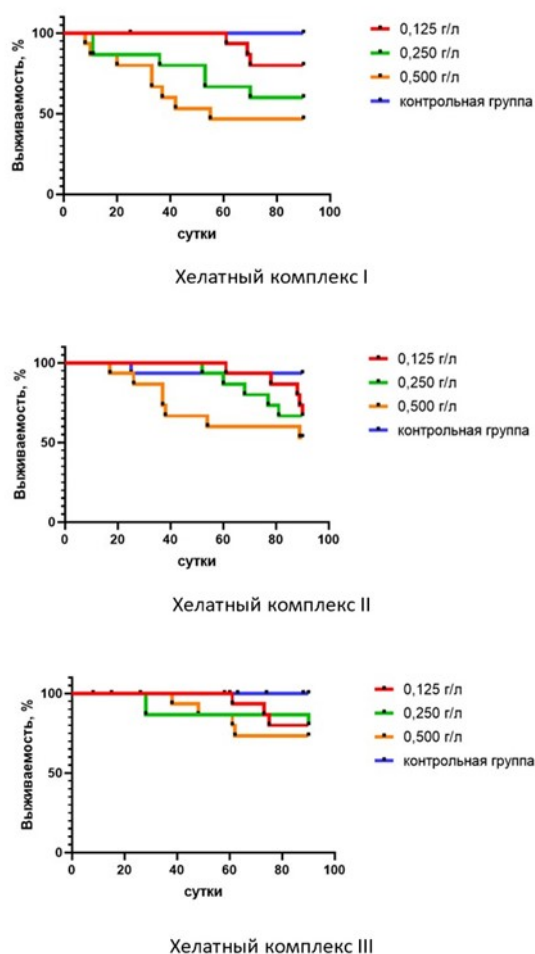


Рисунок 1. Кривые выживаемости рыб при экспозиции в среде с различными дозами хелатных комплексов.

Figure 1. Fish survival curves upon exposure to media containing various doses of chelate complexes.

лочек, что приводит к более выраженному токсическому эффекту при меньших концентрациях. Полученные данные согласуются с ранее полученными и свидетельствуют о том, хорион может задерживать хелатные соединения металлов [6].

На половозрелых особях *Danio rerio* LC_{50} составили 8,0 г/л (комплекс I), 9,91 г/л (комплекс II) и 11,1 г/л (комплекс III). Полученные результаты согласуются с литературными данными, согласно которым рыбы на ранних стадиях онтогенеза демонстрируют более высокую чувствительность к токсикантам по сравнению с взрослыми особями.

Выполнен эксперимент по оценке хронической токсичности хелатных комплексов в течение 90 сут. Кривые выживаемости показали, что наиболее благоприятный профиль безопасности демонстрирует хелатный комплекс III (Рис 1).

Результаты оценки хелатного комплекса III показали, что при экспозиции рыб в концентрациях 0,125; 0,250 и 0,500 г/л, к концу опыта выживаемость составила 80%, 80% и 73,33%

Для хелатного комплекса II выживаемость в группах 0,125; 0,250 и 0,500 г/л составила 66,67%, 66,67% и 53,33, % соответственно. Срав-

нение кривых выживаемости с контролем (93,33%), различий не выявило.

В группах, получавших хелатный комплекс I, выживаемость оказалась наименьшей: 80,0% (0,125 г/л), 60% (0,250 г/л) и 46,67% (0,500 г/л). Выявлены статистически значимые различия с контрольной группой (выживаемость 100%) при концентрации 0,500 г/л (log-rank test, $p < 0,05$).

Проведен анализ гистологических изменений в тканях печени. В паренхиме выявлены дистрофические изменения и воспалительная инфильтрация при использовании хелатного комплекса I в дозировке 0,500 г/л (Рис.2). Обнаружены единичные очаги фиброза и полнокровия. Капсула печени без изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение трёх хелатных комплексов между собой показало, что комплекс III характеризуется наилучшими показателями выживаемости рыб во всём диапазоне исследованных концентраций и может быть рекомендован для последующих исследований в индустриальной аквакультуре. Хелатные комплексы I и II демонстрируют дозозависимое снижение выживаемости тест-систем,

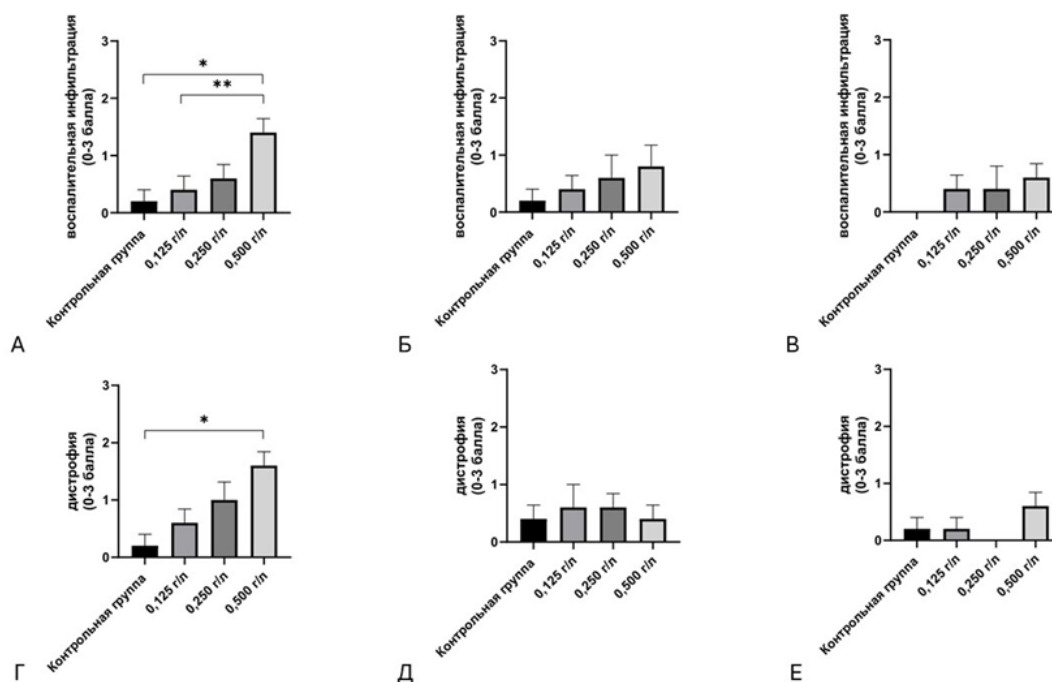


Рисунок 2. Полуколичественные показатели воспалительной инфильтрации и дистрофии паренхимы печени *Danio rerio* в зависимости от дозы хелатного комплекса. А-хелатный комплекс I; Б-хелатный комплекс II; В- хелатный комплекс III; Г- хелатный комплекс I; Д- хелатный комплекс II; Е-хелатный комплекс III. Данные представлены как среднее $\pm$ SEM (n = 10). Различия по данному показателю статистически достоверно * $p < 0.05$ по сравнению с контрольной группой, ** $p < 0.05$ по сравнению с группой 0,125 г/л (критерий ANOVA с post-hoc тестом Тьюки).

Figure 2. Semiquantitative indices of inflammatory infiltration and hepatic parenchymal dystrophy in *Danio rerio* in relation to the dose of the chelate complex. А – chelate complex I; В – chelate complex II; С – chelate complex III; D – chelate complex I; E – chelate complex II; F – chelate complex III. Data are presented as mean $\pm$ SEM (n = 10). Differences for this parameter are statistically significant: * $p < 0.05$ compared to the control group; ** $p < 0.05$ compared to the 0.125 g/L group (ANOVA with Tukey's post-hoc test).

причём комплекс I характеризуется наихудшей выживаемостью рыб в хроническом эксперименте. Анализ гистологических изменений в тканях

печени. выявил дистрофические изменения и воспалительную инфильтрацию при использовании хелатного комплекса I в дозировке 0,500 г/л.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ № 082–03–2026–139 от 30.01.2026 «Изучение хелатных комплексов в аквакультуре для повышения продуктивности рыб и качества рыбной продукции».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стекольников А.А., Карпенко Л.Ю. Экологические аспекты применения минерально-кормовой добавки "Хелавит" для повышения качества молока коров. Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2013;1(9):16-18.
2. Душенина О.А., Карпенко Л.Ю., Васильева С.В. и др. Влияние минеральной добавки «Хелавит С» на гематологические показатели у белых лабораторных крыс. Генетика и разведение животных. 2023;2: 78 -84. DOI 10.31043/2410-2733-2023-2-78-84
3. Lima C., Gusso D., Disner G.R., Pinto F.J., Falcão M.A.P., Rosa J.G.S. and Lopes-Ferreira M. The zebrafish in toxicology: a bibliometric analysis reveals current trends and future avenues for predictive safety assessment. Front. Toxicol. 2026; 7:1700031. doi: 10.3389/ftox.2025.1700031
4. Качанов Д.А., Лакеенков Н.М., Левикин К.Е. и др. *Danio rerio* (zebrafish) как универсальный модельный объект в доклинических исследованиях. Forcipe. 2018;1(1):49-54.
5. Xander J.H.X. Stouthart, Jeroen L.M. Haans, Robert A.C. Lock, Sjoerd E. Wen-delaar Bonga Effects of water pH on copper toxicity to early life stages of the common carp (*Cyprinus carpio*) Environmental Toxicology and Chemistr Epub. 1996. doi.org: 10.1002etc.5620150323
6. Полистовская П.А., Карпенко Л.Ю., Махнин И.А., Ажикина О.Ю. Дехорионизация эмбрионов *Danio rerio* для оценки острой токсичности органоминеральных хелатных комплексов. Международный вестник ветеринарии. 2024;1: 99-105. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.99

REFERENCES

1. Stekolnikov A.A., Karpenko L.Yu. Ecological aspects of using the mineral feed additive "Khelavit" to improve cow milk quality. Russian Journal: Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2013;1(9):16-18. (in Russ)
2. Dushenina O.A., Karpenko L.Yu., Vasilyeva S.V., et al. Effect of the mineral additive "Khelavit S" on hematological parameters in white laboratory rats. Genetics and Animal Breeding. 2023;2:78-84. (in Russ) DOI 10.31043/2410-2733-2023-2-78-84
3. Lima C., Gusso D., Disner G.R., Pinto F.J., Falcão M.A.P., Rosa J.G.S. and Lopes-Ferreira M. The zebrafish in toxicology: a bibliometric analysis reveals current trends and future avenues for predictive safety assessment. Front. Toxicol. 2026; 7:1700031. doi: 10.3389/ftox.2025.1700031
4. Kachanov D.A., Lakeenkov N.M., Levikin K.E., et al. *Danio rerio* (zebrafish) as a universal model organism in preclinical studies. Forcipe. 2018;1(1):49-54.
5. Stouthart X.J.H.X., Haans J.L.M., Lock R.A.C., Wendelaar Bonga S.E. Effects of water pH on copper toxicity to early life stages of the common carp (*Cyprinus carpio*). Environmental Toxicology and Chemistry (Epub). 1996. doi.org: 10.1002/etc.5620150323
6. Polistovskaya P.A., Karpenko L.Yu., Makhnin I.A., Azhikina O.Yu. Dechoriation of **Danio rerio** embryos for the assessment of the acute toxicity of organo-mineral chelate complexes. International Veterinary Bulletin. 2024;1: 99-105. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.1.99

Поступила в редакцию / Received: 16.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 03.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ ЖИВОЙ МАССЫ И ОСНОВНЫХ ПРОМЕРОВ
ВАЖЕНОК СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ В РАЗНОВРЕМЕННЫХ ВЫБОРКАХ**

Антон Михайлович Макаров^{1✉}, Александр Александрович Южаков², Артём Алексеевич Мусидрай³
^{1,2,3}Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН),
Российская Федерация

¹младший научный сотрудник, email: vui4i4@yandex.ru, orcid.org/0009-0006-1135-0120

²д-р с-х.наук, главный научный сотрудник отдела животноводства и рационального природопользования, orcid.org/0000-0002-0633-4074

³кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела животноводства и рационального природопользования, orcid.org/0000-0002-0079-9938

РЕФЕРАТ

Цель исследования - оценить корреляционные связи между живой массой и основными линейными промерами полудомашних северных оленей в собственных исследованиях разных лет и сопоставить полученные результаты с ранее опубликованными материалами других авторов. В качестве собственного материала использована таблица морфометрических признаков важенок северных оленей, включающая 93 животных. Анализировали живую массу, высоту в холке и косую длину туловища. Для сопоставления использованы опубликованные данные обследований важенок ненецкой породы 1982 и 2020 гг., материалы по фенотипическим показателям северных оленей таежной зоны, исследования корреляционных связей и генетических ассоциаций промеров у северных оленей ненецкой породы. Учтены также работы по сравнению фенотипических и генетических корреляций между зоотехническими признаками у полудомашних северных оленей. В наших исследованиях живая масса важенок составила $75,01 \pm 0,81$ кг, высота в холке - $96,91 \pm 0,41$ см, косая длина туловища - $97,62 \pm 0,41$ см. Все три анализируемые пары признаков имели положительные статистически значимые корреляции: живая масса - высота в холке $r = 0,606$; живая масса косая длина туловища $r = 0,634$; высота в холке - косая длина туловища $r = 0,687$ при $p < 0,001$. Сопоставление с литературными данными показывает устойчивое сохранение положительного направления связей между живой массой и линейными промерами в разные годы и выборках, при различии абсолютных средних величин. Полученные данные подтверждают целесообразно дополнять фенотипические корреляции генетическими исследованиями.

Ключевые слова: северный олень; важенка; живая масса; высота в холке; длина туловища; промеры тела; фенотипическая корреляция; биометрия.

Для цитирования: Макаров А.М., Южаков А.А., Мусидрай А.А. Корреляционные связи живой массы и основных промеров северных оленей в разновременных выборках. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:149-153. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.149>

**CORRELATIONS BETWEEN LIVE WEIGHT AND MAIN BODY MEASUREMENTS
IN ADULT FEMALE REINDEER: COMPARISON OF TEMPORALLY DIFFERENT DATASETS**

Anton M. Makarov^{1✉}, Alexander Al. Yuzhakov², Artyom Al. Musidrai³

^{1,2,3}St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Russian Federation

¹Junior Researcher, email: vui4i4@yandex.ru, orcid.org/0009-0006-1135-0120

²Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management, orcid.org/0000-0002-0633-4074

³Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Animal Husbandry and Rational Nature Management, orcid.org/0000-0002-0079-9938

ABSTRACT

The aim of the study is to assess the correlation between live weight and the main linear measurements of semi-domesticated reindeer in our own studies conducted over different years and to compare the obtained results with previously published materials by other authors. The own material used is a table of morphometric characteristics of reindeer, which includes 93 animals. We analysed live weight, height at the withers, and oblique body length. For comparison, we used published data from surveys of Nenets breed reindeer cows conducted in 1982 and 2020, materials on the phenotypic indicators of reindeer of the taiga zone, and studies of correlation relationships and genetic associations of measurements in Nenets breed reindeer. We also took into account our own work comparing phenotypic and genetic correlations between zootechnical traits in semi-domesticated reindeer. In our studies, the live weight was 75.01 ± 0.81 kg, the height at the withers was 96.91 ± 0.41 cm, and the oblique body length was 97.62 ± 0.41 cm. All three pairs of traits analyzed showed positive, statistically significant correlations: live weight vs. height at the withers, $r = 0.606$; live weight vs. oblique body length, $r = 0.634$; height at the withers vs. oblique body length, $r = 0.687$, with $p < 0.001$. Com-

parison with literature data shows a consistent positive direction of the relationships between live weight and linear measurements across different years and samples, despite differences in absolute average values and the composition of the analyzed groups. The data obtained confirm the feasibility of using body measurements as additional objective indicators in the phenotypic assessment of northern reindeer; however, for breeding conclusions, phenotypic correlations should be supplemented with genetic ones.

Key words: reindeer; adult female; live weight; height at the withers; body length; body measurements; phenotypic correlation; biometry.

For citation: Makarov A.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A. Correlations between live weight and main body measurements in adult female reindeer: comparison of temporally different datasets. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:149-153. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.149>

ВВЕДЕНИЕ

Северное оленеводство относится к ключевым традиционным видам деятельности коренных малочисленных народов Арктической зоны Российской Федерации. Для прижизненной оценки полудомашних северных оленей наиболее доступны показатели живой массы и экстерьера, однако визуальная оценка телосложения не всегда объективна. Поэтому в современных исследованиях все большее значение приобретают индивидуальные промеры тела, индексы телосложения и корреляционный анализ, позволяющий количественно оценивать сопряженность признаков [2, 5].

В исследованиях по ненецкой породе показано, что живая масса взрослых самок имеет положительную связь с рядом линейных промеров, прежде всего с высотой в холке, обхватом и глубиной груди [2, 6].

Разновременные данные имеют особую ценность, поскольку позволяют оценивать не только абсолютные изменения промеров, но и устойчивость корреляционных связей. В работе по оценке эффективности отбора северных оленей ненецкой породы приведено сравнение фенотипических показателей важенок опытного стада в 1982 и 2020 гг.; авторы отметили отсутствие статистически достоверного прироста по живой массе и большинству основных промеров, несмотря на почти сорокалетний период селекционной работы [5]. В последующих исследованиях на материале 2020 г. и с привлечением микросателлитных маркеров [3] было показано, что фенотипические корреляции могут в ряде случаев служить приближенной оценкой генетических корреляций, но не заменяют генетический анализ в полной мере [2, 6].

Цель исследования – провести биометрическую и корреляционную оценку живой массы, высоты в холке и косой длины туловища северных оленей в текущей выборке и сопоставить полученные корреляции с опубликованными данными за разные годы.

Задачи исследования: 1) рассчитать основные биометрические показатели живой массы и линейных промеров; 2) определить коэффициенты корреляции между живой массой, высотой в холке и косой длиной туловища; 3) сопоставить полученные результаты с опубликованными данными; 4) оценить значение выявленных связей для фенотипической оценки и селекционной работы в северном оленеводстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Собственный материал представлен данными

обследования 93 важенок (самок) уральского эко-типа ненецкой породы, отобранных случайным образом, без пороков телосложения и имевших теленка. Возраст животных составлял от 3 до 9 лет. С точностью до 1 см измерялись следующие параметры: мерной палкой – высота в холке; мерной лентой – косая длина туловища. В анализ включены данные по трем признакам: живая масса, высота в холке и косая длина туловища. Для каждого признака рассчитаны среднее арифметическое значение (M), ошибка средней (m), выборочное стандартное отклонение (SD), среднее абсолютное отклонение, медиана, минимальное и максимальное значения, коэффициент вариации (CV).

Для оценки связей между признаками использовали коэффициент корреляции Пирсона. Статистическую значимость корреляций оценивали при двустороннем уровне значимости. Для коэффициентов корреляции рассчитаны 95% доверительные интервалы по преобразованию Фишера. Интерпретация силы связи проведена по общепринятой шкале: слабая связь при $r < 0,30$; умеренная при $0,30 \leq r < 0,70$; сильная при $r \geq 0,70$.

Для литературного сопоставления использованы опубликованные материалы по промерам и корреляциям полудомашних северных оленей. В качестве базового разновременного сравнения взяты данные по важенкам Ямальской сельскохозяйственной опытной станции за 1982 и 2020 гг., где в каждой группе исследовано по 50 здоровых важенок 3-9 лет без пороков телосложения и имевших теленка [5]. Дополнительно использованы исследования по корреляционно-генетическому анализу промеров у 98 самок ненецкой породы [2], аппроксимации генетических корреляций фенотипическими у полудомашних северных оленей [6], а также публикация о сравнении фенотипических особенностей лесных и тундровых полудомашних северных оленей [1].

Следует учитывать, что проведенный корреляционный анализ оценивает исключительно направление и силу статистической сопряженности признаков в данной выборке, но не отражает прямых причинно-следственных или наследственных зависимостей между ними.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биометрическая характеристика выборки 2025 г.

В данной выборке средняя живая масса составила $75,01 \pm 0,81$ кг при коэффициенте вариации 10,37%. Высота в холке и косая длина туловища характеризовались меньшей относительной изменчивостью: CV соответственно 4,07 и 4,06%.

Таблица 1. Биометрические показатели выборки 2025 г.
Table 1. Biometric parameters of the 2025 sample.

Признак	n	M±m	SD	Me	Min-max / CV, %
Живая масса, кг	93	75,01±0,81	7,78	75	61-100 / 10,37
Высота в холке, см	93	96,91±0,41	3,94	98	82-104 / 4,07
Длина туловища, см	93	97,62±0,41	3,96	98	83-106 / 4,06

Таблица 2. Корреляции между живой массой и основными промерами.
Table 2. Correlations between live weight and key body measurements.

Пара признаков	r	95 % ДИ r	p
Живая масса - высота в холке	0,606	0,459-0,721	< 0,001
Живая масса - длина туловища	0,634	0,494-0,742	< 0,001
Высота в холке - длина туловища	0,687	0,562-0,781	< 0,001

Таблица 3. Сопоставление средних значений текущей выборки с опубликованными материалами.
Table 3. Comparison of mean values from the current sample with published data.

Источник, год	n	Группа животных	Живая масса, кг	Высота в холке, см	Косая длина туловища, см
Ямальная СХОС, 1982 [5]	50	важенки 3-9 лет	80,40 ± 1,10	95,0 ± 0,41	102,6 ± 0,76
Ямальная СХОС, 2020 [5]	50	важенки 3-9 лет	82,47 ± 0,88	95,32 ± 0,42	101,08 ± 0,41
Ненецкая порода, 2020 [2]	98	важенки 3-9 лет	82,61 ± 0,80	94,97 ± 0,36	102,26 ± 0,47
Текущая выборка	93	важенки	75,01 ± 0,81	96,91 ± 0,41	97,62 ± 0,41

Таблица 4. Сопоставление корреляций текущей выборки с опубликованными материалами.
Table 4. Comparison of correlations from the current sample with published data.

Источник	Характеристика выборки	Живая масса - высота в холке	Живая масса - косая длина туловища	Высота в холке - косая длина туловища
Текущий материал	n = 93	0,606	0,634	0,687
Южаков, Лайшев, 2022 [5]	важенки, сравнительный материал 1982 и 2020 гг.	до +0,70	до +0,65	до +0,59
Свищёва и др., 2023 [2]	98 самок ненецкой породы	около +0,70	около +0,65	около +0,59
Южаков и др., 2026 [6]	98 важенек уральского экотипа	+0,59	+0,58	+0,45

Корреляции между живой массой и промерами

Все три пары признаков показали положительные статистически значимые связи. Наименьший коэффициент получен для пары «живая масса - высота в холке» ($r = 0,606$), несколько выше была связь живой массы с длиной туловища ($r = 0,634$). Наибольшая корреляция отмечена между высотой в холке и длиной туловища ($r = 0,687$). По принятой шкале все связи относятся к умеренным, однако верхняя граница доверительного интервала для пары «высота в холке - косая длина туловища» наиболее близка к уровню сильной связи.

Сопоставление с разновременными опубликованными данными

Сравнение абсолютных средних величин с литературными данными позволяет оценить общий фон фенотипической изменчивости и устойчивость направления корреляционных связей.

В опубликованном сравнении важенек Ямальной опытной станции в 1982 и 2020 гг. средняя живая масса составила $80,40 \pm 1,10$ и $82,47 \pm 0,88$ кг соответственно, высота в холке - $95,0 \pm 0,41$ и $95,32 \pm 0,42$ см, косая длина туловища - $102,6 \pm 0,76$ и $101,08 \pm 0,41$ см [5]. В исследовании 98 самок ненецкой породы 2020 г. средние значения составили: живая масса $82,61 \pm 0,80$ кг, высота в холке $94,97 \pm 0,36$ см, косая длина туловища $102,26 \pm 0,47$ см [2]. Текущая выборка отличается меньшей живой массой, но сопоставимым уровнем высоты в холке, что может отражать разли-

чия в условиях кормления, сезоне обследования или составе группы животных.

Сопоставление структуры корреляций показывает, что текущая выборка сохраняет то же положительное направление связей, которое отмечено в исследованиях ненецкой породы. В работе по оценке эффективности отбора живая масса важенек имела высокую положительную корреляцию с высотой в холке ($r \leq +0,70$), обхватом груди ($r \leq +0,79$) и глубиной груди ($r \leq +0,73$); связь живой массы с косой длиной туловища оценивалась как средняя и составляла $r \leq +0,65$ [5]. В исследовании корреляционных связей и генетических ассоциаций у 98 самок ненецкой породы живая масса с учетом возраста и генетического родства также имела высокую положительную корреляцию с высотой в холке (r около 0,70), обхватом груди (r около 0,79) и глубиной груди (r около 0,73) [2]. В работе по аппроксимации генетических корреляций фенотипическими наиболее значимые фенотипические связи с живой массой отмечены для обхвата груди (+0,63), глубины груди (+0,60), высоты в холке (+0,59), косой длины туловища (+0,58), длины головы (+0,56), ширины в маклоках (+0,55), ширины груди (+0,42) и высоты в локте (+0,37) [6].

Полученные результаты подтверждают, что в выборке 2025 г. живая масса важенек положительно связана как с высотой в холке, так и с длиной туловища. Умеренная величина коэффициентов $r = 0,606$ и $r = 0,634$ показывает, что линейные промеры отражают лишь часть вариации

живой массы. Коэффициент детерминации для этих пар составляет приблизительно 36,7 и 40,2% соответственно. Следовательно, существенная доля изменчивости массы остается обусловленной другими факторами, например, генетической неоднородностью группы.

Наиболее высокая корреляция в текущем анализе отмечена между высотой в холке и косой длиной туловища ($r = 0,687$). При этом она остается на уровне умеренной связи, что указывает на наличие индивидуальных различий в пропорциях телосложения.

Сравнение с опубликованными данными показывает, что направление связей между живой массой и основными промерами стабильно положительное. В работах по ненецкой породе живая масса чаще всего теснее связана с грудными промерами, особенно с обхватом и глубиной груди [2, 5, 6].

Разновременные публикации также показывают, что абсолютные средние значения промеров изменяются менее резко, чем живая масса. Например, в сравнении 1982 и 2020 гг. высота в холке у важенков Ямальской опытной станции оставалась близкой, тогда как живая масса несколько возрасала, но без статистически достоверного прироста по большинству признаков [5]. В работе по переводу оленей на изгородное содержание различия по живой массе, основным промерам и индексам телосложения важенков также не имели статистически достоверного характера [4]. Эти материалы подтверждают, что изменения условий содержания медленно отражаются на линейных промерах взрослых животных и не ведут к гарантированному улучшению мясной продуктивности.

Важным аспектом интерпретации полученных данных является их сопоставление с генетическими параметрами популяции. Согласно исследованиям, матрицы фенотипических и генетических корреляций у полудомашних северных оленей демонстрируют высокую степень сходства [2, 6]. Это позволяет рассматривать установленные нами умеренно сильные фенотипические связи ($r = 0,606-0,687$) как ориентир для предварительной оценки племенного потенциала. Тем не менее, фенотипическая изменчивость живой массы в значительной степени подвержена влиянию паратипических факторов (кормовая база, сезон года), в связи с чем для окончательных селекционных выводов в племенных хозяйствах оценку экстерьера необходимо дополнять генетическими исследованиями.

Публикация о сравнении фенотипических особенностей лесных и тундровых полудомашних северных оленей указывает на актуальность учета экологического типа и происхождения животных [1]. Это особенно важно при сопоставлении данных разных лет и разных хозяйств. Даже при одинаковой методике промеров корреляци-

онная структура может зависеть от породы, эко-типа, пола, возраста, сезона и степени однородности выборки. Поэтому корреляционные коэффициенты следует рассматривать не как постоянные видовые величины, а как характеристики конкретной популяционно-хозяйственной группы. В этом случае для повышения точности, результаты фенотипической оценки следует подтверждать генетическим анализом.

Практическое значение

Для селекционной практики результаты исследования означают, что при отсутствии возможности измерения всего комплекса фенотипических признаков целесообразно сохранять минимум три показателя: живую массу, высоту в холке и косую длину туловища.

При наличии возможности набор промеров следует расширять за счет обхвата груди, глубины груди и ширины груди, поскольку опубликованные данные показывают более тесную связь этих промеров с живой массой.

Несмотря на развитие генетических методов, оценка животных по внешним признакам (фенотипу) остаётся одним из инструментов селекции в оленеводческих хозяйствах. В условиях традиционного северного оленеводства в Арктической зоне Российской Федерации, где проведение постоянных генетических исследований затруднено, сопоставление генетических и фенотипических корреляционных связей становится особенно актуальным.

ВЫВОДЫ

1. В исследованной выборке важенков ненецкой породы ($n = 93$) средняя живая масса составила $75,01 \pm 0,81$ кг, высота в холке $96,91 \pm 0,41$ см, косая длина туловища $97,62 \pm 0,41$ см при более высокой вариабельности массы тела ($CV = 10,37\%$) по сравнению с линейными промерами ($CV = 4\%$).
2. Все корреляционные пары имели положительную связь: живая масса с высотой в холке ($r = 0,606$; $p < 0,001$) и косой длиной туловища ($r = 0,634$; $p < 0,001$), высота в холке и косая длина туловища ($r = 0,687$; $p < 0,001$).
3. Сопоставление с литературными данными прошлых лет выявило устойчивость положительного направления корреляционных связей между линейными и весовыми параметрами важенков в разновременных выборках, несмотря на колебания абсолютных средних значений под влиянием различных факторов.
4. Выявленные фенотипические корреляции могут служить доступным инструментом для предварительного отбора в условиях тундры. Однако для принятия окончательных селекционных решений в племенном оленеводстве фенотипическую оценку необходимо дополнять прямым генетическим анализом, поскольку внешние промеры отражают лишь часть генотипической изменчивости.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена на средства гранта № 24-16-20017 по договору с РНФ и СПбНФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зуев С.М., Южаков А.А., Мусидрай А.А., Лайшев К.А. Сравнение фенотипических особенностей лесных и тундровых домашних северных оленей. Труды Кубанского государственного аграрного уни-

верситета. 2024;111:177-182. DOI 10.21515/1999-1703-111-177-182

2. Свищева Г.Р., Семина М.Т., Коноров Е.А. и др. Изучение корреляционных связей и генетических ассоциаций промеров у самок северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы. Успехи современной биологии. 2023;143(5): 454-465. DOI 10.31857/S0042132423050095

3. Семина М.Т., Каштанов С.Н., Бабаян О.В. и др. Анализ генетического разнообразия и популяционной структуры ненецкой аборигенной породы северных оленей на основе микросателлитных маркеров. Генетика. 2022;58(8):954-966. DOI 10.31857/S0016675822080069

4. Южаков А.А., Зуев С.М. Фенотипические показатели северных оленей при переводе их на изгородное содержание. Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022;2(115):142-152. DOI 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.008

5. Южаков А.А., Лайшев К.А. Оценка эффективности отбора северных оленей ненецкой породы по фенотипическим признакам. АПК: инновационные технологии. 2022;1:25-33. DOI 10.35524/2687-0436_2022_01_25

6. Южаков А.А., Свищёва Г.Р., Лайшев К.А. и др. Аппроксимация генетических корреляций при селекции северных оленей (*Rangifer tarandus*) по живой массе и промерам с помощью фенотипических корреляций. Journal of Agriculture and Environment. 2026;4(68). DOI: 10.60797/JAE.2026.68.10

REFERENCES

1. Zuev S.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A., Laishev K.A. Comparison of phenotypic characteristics of forest and tundra domestic reindeer. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024;111:177-182. (in Russ) DOI 10.21515/1999-1703-111-177-182

2. Svishcheva G.R., Semina M.T., Konorov E.A. et al. Study of correlations and genetic associations of body measurements in female Nenets breed reindeer (*Rangifer tarandus*). Advances in Modern Biology. 2023;143(5):454-465. (in Russ) DOI 10.31857/S0042132423050095

3. Semina M.T., Kashtanov S.N., Babayan O.V. et al. Analysis of genetic diversity and population structure of the indigenous Nenets reindeer breed based on microsatellite markers. Genetics. 2022;58(8):954-966. (in Russ) DOI 10.31857/S0016675822080069

4. Yuzhakov A.A., Zuev S.M. Phenotypic indicators of reindeer upon transition to enclosure-based management. Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. 2022;2(115):142-152. (in Russ) DOI 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.008

5. Yuzhakov A.A., Laishev K.A. Evaluation of the effectiveness of selecting Nenets breed reindeer based on phenotypic traits. Agro-Industrial Complex: Innovative Technologies. 2022;1:25-33. (in Russ) DOI 10.35524/2687-0436_2022_01_25

6. Yuzhakov A.A., Svishcheva G.R., Laishev K.A., et al. Approximation of genetic correlations in the selection of reindeer (*Rangifer tarandus*) for live weight and body measurements using phenotypic correlations. Journal of Agriculture and Environment. 2026;4(68). (in Russ) DOI: 10.60797/JAE.2026.68.10

Поступила в редакцию / Received: 24.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 15.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

РАЗВИТИЕ ЭКО-БРЕНДИНГА С ПОМОЩЬЮ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ВЕТЕРИНАРИИ

Екатерина Александровна Смирнова¹, Регина Фановна Иванникова², Алексей Яковлевич Батраков³

^{1,2}Московская Государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация

³Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹канд.биол.наук, доц., orcid.org/0000-0001-8805-617X

²канд.ветеринар.наук, доц., orcid.org/0000-0002-3522-0447

³д-р ветеринар.наук, проф. orcid.org/0000-0002-3021-1269

РЕФЕРАТ

Статья посвящена исследованию роли новых биотехнологических решений в развитии, формировании и продвижении эко-брендинга в современной ветеринарии. С недавнего времени большинство потребителей проявляют повышенный интерес к экологически чистым продуктам, препаратам или различным товарам в биоразлагаемых упаковках. Эко-маркировка на товаре становится решающим фактором для покупателей в решении приобретения одного типа продукта, но у разных производителей, так как они считают, что, при использовании данного товара, напрямую влияют на улучшение окружающей среды и снижают вероятность загрязнения нашей планеты вредными отходами, которые очень долго разлагаются или наносят непоправимый вред окружающей среде. Поскольку ветеринария находится в тесном контакте с окружающей средой и животными, стратегически важно развивать эко-брендинг и использовать передовые биотехнологические методы при создании какого-либо продукта для поддержания репутации компании, ее продвижении и создании доверительных отношений с потребителями. Но развитие экологического бизнеса имеет свое влияние и на самих животных, поэтому необходимо принимать во внимание и то, что такие инновации необходимы для производства новой и качественной продукции, которые будут не только положительно сказываться на здоровье животных, но и отходы от их производства и упаковки от товаров будут сохранять окружающую природу чистой и безопасной для диких животных, так как уже продолжительное время в нашем мире существует большая проблема загрязнения океанов и лесов различным мусором, собственно, от чего и страдает большое количество обитателей данных зон.

Ключевые слова: Эко-брендинг, экология, биотехнология, ветеринария, продукция животного происхождения, устойчивость.

Для цитирования: Смирнова Е.А., Иванникова Р.Ф., Батраков А.Я. Развитие эко-брендинга с помощью биотехнологических решений в ветеринарии. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:155-159. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.155>

DEVELOPMENT OF ECO-BRANDING THROUGH BIOTECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN VETERINARY MEDICINE

Ekaterina A. Smirnova¹, Regina F. Ivannikova¹, Aleksey Ya. Batrakov²

^{1,2}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Russian Federation

³Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, orcid.org/0000-0001-8805-617X

²Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, orcid.org/0000-0002-3522-0447

³Doctor of Veterinary Sciences, Professor, orcid.org/0000-0002-3021-1269

ABSTRACT

This article examines the role of new biotechnological solutions in the development, formation, and promotion of eco-branding in modern veterinary medicine. Recently, most consumers have shown increased interest in environmentally friendly products, medications, and various goods in biodegradable packaging. Eco-labels on products are becoming a decisive factor for buyers when purchasing the same type of product from different manufacturers, as they believe that by using these products, they directly contribute to improving the environment and reducing the likelihood of polluting our planet with harmful waste that takes a long time to decompose or causes irreparable harm to the environment. Since veterinary medicine is closely intertwined with the environment and animals, it is strategically important to develop eco-branding and utilize advanced biotechnological methods in product development to maintain a company's reputation, promote its products, and build trust with consumers. However, the development of eco-friendly businesses also impacts the animals themselves, so it's important to consider that such innovations are essential for the production of new, high-quality products that will not only have a positive impact on animal health, but also that waste from their production and packaging will keep the environment clean and safe for wild animals. For a long time now, our world has been plagued by the pollution of oceans and forests with various types of waste, which, in fact, affects a large number of inhabitants of these areas.

Key words: biotechnology, veterinary medicine, eco-branding, ecology, animal-derived products, sustainability.

For citation: Smirnova E.A., Ivannikova R.F., Batrakov A.Ya. Development of Eco-branding through Biotechnological Solutions in Veterinary Medicine. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:155-159. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.155>

ВВЕДЕНИЕ

Эко-брендинг (или экологичный брендинг) представляет собой подход к брендингу, основанный на принципах экологической устойчивости и социальной ответственности. Он включает разработку и продвижение товаров и услуг, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду. В современном мире развитие эко-брендинга набирает популярность, поскольку потребители все чаще делают выбор в пользу компаний, стремящихся улучшить экологию и не наносить вред окружающей среде, особенно тех, которые напрямую связаны с животными [1, 5, 20].

Согласно Поручениям Президента необходимо обеспечить переход России к модели экологически устойчивого развития, позволяющей обеспечить в долгосрочной перспективе эффективное использование природного капитала страны при одновременном устранении влияния экологических угроз на здоровье человека. «Зеленая» экономика, согласно определению ООН, способствует повышению благосостояния населения, обеспечивает социальную справедливость и снижает риски для окружающей среды [5, 13, 15, 17].

Согласно данным исследований, около 57% российских потребителей готовы переплачивать за продукцию с эко-маркировками. В глобальном масштабе эта тенденция еще более выражена: потребители в странах Европейского союза и Северной Америки демонстрируют устойчивый спрос на продукцию с подтвержденными экологическими сертификатами. Экологический брендинг делает акцент на экологически чистых препаратах и их упаковке, что становится важным конкурентным преимуществом [14, 18, 20].

Поскольку ветеринария напрямую связана с природой, здоровьем животных и продукцией животного происхождения, использование биотехнологических решений предоставляет уникальные возможности для создания экологически чистых и безопасных продуктов, способствующих повышению уровня продаж и улучшению репутации брендов. Современные биотехнологические достижения способствуют разработке инновационных вакцин, лекарств и диагностических тестов, улучшающих состояние здоровья животных, как мелких домашних, так и сельскохозяйственных [2, 11, 19].

Особого внимания заслуживает концепция «Единое здоровье» (One Health), которая признает взаимосвязь здоровья человека, животных и окружающей среды. Ведущие компании животноводческой отрасли, такие как MSD Animal Health, интегрируют принципы One Health в свои бизнес-стратегии, связывая инновации в области ветеринарии с восстановлением экосистем. Например, инициатива MSD Animal Health по высадке деревьев в ответ на покупку вакцин SPHEREON® демонстрирует, как коммерческий успех может быть напрямую увязан с экологиче-

скими проектами. За почти десятилетие сотрудничества с WeForest было высажено более 500 000 деревьев на семи лесных массивах в Африке, Азии и Латинской Америке.

Таким образом, сочетание эко-брендинга и биотехнологий может позволить компаниям достигать высоких показателей эффективности и удовлетворенности клиентов, что необходимо в современном мире для успешного продвижения и развития бизнеса.

Целью нашего исследования явился анализ научной литературы с целью изучения актуальности развития эко-брендинга с помощью биотехнологических решений в ветеринарии, оценки потенциальных выгод для развития ветеринарной медицины и улучшения здоровья животных, а также выявления существующих барьеров и перспектив развития данного направления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались теоретические методы исследования: отечественные и зарубежные статьи из различных баз данных электронных библиотек, таких как: PubMed, КиберЛеника, ScienceDirect, а также в специализированных изданиях, таких как интернет-журнал «Коммерческая биотехнология». Временной горизонт поиска охватывал публикации за последние 10 лет, с акцентом на работы последних 5 лет. Критериями включения являлись: рецензируемый характер публикации, наличие эмпирических данных или систематического обзора, релевантность теме исследования. Всего было проанализировано более 50 источников, из которых для настоящего обзора отобраны наиболее репрезентативные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Проведя анализ отечественных и зарубежных источников, можно утверждать, что развитие эко-брендинга с помощью биотехнологических решений в первую очередь необходимо для экономического развития компании на рынке. Это способствует созданию доверительных отношений между потребителем и производителем, формированию лояльности и повышению конкурентоспособности. Биотехнологические решения могут быть самыми разнообразными, в зависимости от продукции компании и ее целевой аудитории. Главное — сохранить окружающую природу и обеспечить максимальную эффективность для здоровья животных.

Группа ученых провела ряд исследований, демонстрирующих, как современные компании стремятся минимизировать негативное воздействие на планету путем создания и развития новых кормовых добавок и методов обработки сельскохозяйственных территорий [9, 10, 19]. В данной области использование различных ферментативных и микробиологических методов для улучшения составов корма и увеличения пита-

тельности, применение пребиотиков, пробиотиков и синбиотиков помогает минимизировать выбросы вредных газов в окружающую среду, которые ежедневно выделяют животные на фермах. Современные исследования подтверждают эффективность пробиотических штаммов в сельском хозяйстве. В научных изысканиях Коноводова Т.А. и Смирновой Е.А. (2025) установлено, что штаммы *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus licheniformis* образуют большое количество витаминов и минеральных веществ, положительно влияя на нормализацию кишечной микрофлоры сельскохозяйственных животных и птиц. Эти бактерии не оказывают отрицательного воздействия на нативную микрофлору и обладают высокой антагонистической активностью против широкого спектра патогенов [8].

Отходы животноводства содержат большое количество органических веществ, что может негативно влиять на качество воздуха, почвы и воды. Создание нового микробиологического препарата для подстилки (в состав которого входят молочнокислые бактерии, ферменты и другие биологически активные вещества), позволяющего эффективно перерабатывать все отходы в ценные ресурсы (биогаз и удобрения), способствует улучшению экологии. Экспериментальное использование такого препарата на свиноводческом комплексе показало снижение содержания уровня аммиака в воздухе в рабочей зоне на 26%, что привело к росту среднесуточного привеса [3, 8, 20]. Такая разработка привлекает внимание крупных хозяйств, позиционирующих себя как экологические, так как помогает облегчить труд работников предприятия и позитивно сказывается как на экологии, так и на состоянии здоровья животных.

Перспективным направлением является использование водорослей для снижения метановой эмиссии. Австралийский стартап Sea Forest разработал кормовую добавку на основе морских водорослей *Asparagopsis*, которая значительно снижает выбросы метана у жвачных животных. Продукт Clean Grow Lick Block получил премию Good Design Award Gold в 2024 году. Это демонстрирует, как биотехнологические инновации могут напрямую способствовать решению проблемы парниковых газов в животноводстве [15, 16, 20].

Создание новых вакцин из натуральных компонентов, в том числе с использованием растительных платформ (картофель, рис, морковь, к которым добавляют гены антигенов *Escherichia coli*) для сельскохозяйственных животных, способно снизить уровень загрязненности пастбищ, что, в свою очередь, повышает безопасность продуктов питания. При производстве таких вакцин делается упор на экологически чистый состав, а также на улучшение состояния окружающей среды [4, 8].

Вакцины на растительной основе представляют собой одно из наиболее инновационных направлений. Как отмечают Chung и соавторы (2022), интеграция молекулярного растениеводства и материаловедения открывает новые возможности для создания вакцин следующего поколения. Эти технологии позволяют производить антигены в растениях, что снижает стоимость

производства и уменьшает зависимость от традиционных биореакторов, обеспечивая, в том числе защиту окружающей среды [13].

При создании новых компонентов, препаратов и продуктов стоит учитывать не только влияние на экологию, но и востребованность продукта потребителями. Ученые из Европы отмечают, что потребители все чаще делают выбор в пользу товаров с эко-маркировками, созданных из натуральных компонентов. Здесь выделяются несколько аспектов: во-первых, такие товары безопаснее для домашних животных благодаря натуральному составу; во-вторых, они ассоциируются с этичным производством, поскольку в современном мире большинство людей не согласны с тем, что при производстве может быть нанесен вред окружающей природе или животным.

Практические примеры успешного эко-брендинга в ветеринарной отрасли множатся. Компания Hilltop Bio, ветеринарный биотехнологический стартап, разрабатывает регенеративную терапию для животных. Бренд компании выстроен вокруг привлекательного образа, который одновременно подчеркивает научную экспертизу. С момента запуска бренда Hilltop Bio вывела на рынок новые продукты для здоровья суставов, восстановления тканей и офтальмологии, которые успешно применяются ветеринарными врачами для лечения и профилактики заболеваний у животных.

ECO Animal Health получила регистрацию товарного знака ECOVAXXIN® в Европейском союзе, США и Великобритании для вакцинных продуктов. Это позволяет компании защитить бренд и планировать запуск новых продуктов в течение следующего десятилетия. Брендинг вакцин под экологическим названием подчеркивает приверженность компании принципам устойчивого развития.

В Казахстане компания Black Biotechnology запустила линейку натуральных кормовых добавок для животных и птиц под брендом AL KAR-AL на основе гуминовых веществ. Компания успешно прошла ESG-верификацию и выпустила «зеленые» ESG-облигации на Казахстанской фондовой бирже на сумму 2 миллиарда тенге (\$4,4 млн.). Генеральный директор компании отмечает, что переход на органические кормовые добавки и удобрения — это не просто инновация, но и ответ на современные вызовы в создании устойчивого сельского хозяйства [12, 14].

Вместе с тем, ряд авторов из России в своих исследованиях делают акцент на том, что развитие эко-брендинга с помощью биотехнологических решений необходимо, однако стимулом для такого развития компаний является снижение уровня импортных товаров из других стран [1, 2, 4]. При этом структур, контролирующих данное направление, в России недостаточно, поэтому о быстром и качественном развитии эко-брендинга говорить не приходится. Некоторые авторы считают, что развитие эко-брендинга — это не что иное, как маркетинг, который может привести только к повышению конкурентоспособности компаний, но никак не улучшит качество выпускаемой продукции [6, 7].

Однако мировая практика показывает обратное. Десятилетнее сотрудничество MSD Animal Health с WeForest демонстрирует, как интеграция проектов по восстановлению лесов в бизнес-операции может укреплять взаимодействие с клиентами, усиливать лидерство бренда и приносить реальную пользу животным, людям и окружающей среде. Для MSD Animal Health эта инициатива повышает лояльность клиентов, дифференцирует технологии и укрепляет репутацию и позиционирование бренда как лидера в области устойчивых инноваций. В 2024 году был опубликован обновленный отчет об устойчивом развитии «Advancing Sustainability in Animal Health for a Better Future», в котором подчеркивалась важность системного подхода к экологической ответственности [16].

Несмотря на очевидные преимущества, развитие эко-брендинга в ветеринарной отрасли сталкивается с рядом препятствий. Одной из главных проблем является недостаток осведомленности и понимания необходимости перехода к устойчивым практикам среди производителей и потребителей. Как отмечает руководство Black Biotechnology, активное взаимодействие с фермерскими хозяйствами и просвещение их о преимуществах органических решений и последствиях использования химикатов является ключевым направлением работы.

Другим существенным барьером является отсутствие унифицированных стандартов и сертификации эко-продукции в ветеринарной сфере в России. В то время как в Европейском союзе действует система EU Ecolabel, которая в 2025 году впервые была присвоена продукту по уходу за животными – шампуню Flopp Pet Care, в России подобные механизмы только формируются. Кроме того, в РФ невысокая численность производителей эко-продукции в сфере производства препаратов и кормовых добавок для ветеринарного применения связана с отсутствием организованной государственной поддержки и специализированных образовательных программ подго-

товки кадров, недостаток мер поддержки и продвижения экспорта российских продуктов.

Тем не менее, перспективы развития эко-брендинга в ветеринарии оцениваются как высокие. Согласно прогнозам, рынок экологически чистой ветеринарной продукции будет расти в среднем на 8-10% ежегодно в течение ближайших лет. Компании, которые уже сегодня инвестируют в биотехнологические инновации и эко-брендинг, получают значительное конкурентное преимущество в долгосрочной перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эко-брендинг является важным и необходимым способом развития маркетинга в сфере ветеринарной медицины. Исследование и создание новых лекарственных препаратов, кормовых добавок, вакцин и других товаров необходимо для повышения уровня продуктивности и здоровья животных любых направлений. Однако также важно помнить, что создание экологической продукции в современном мире больше привлекает потребителей, чем аналогичный товар под другой маркой.

При правильном сочетании двух важных факторов – экологически чистой продукции и новых биотехнологических решений – компании могут создать эффективный маркетинг и улучшить качество жизни животных и людей, а главное – сохранить экологию нашей планеты на долгие годы вперед. Интеграция принципов устойчивого развития, One Health и биотехнологических инноваций представляет собой магистральное направление развития ветеринарной отрасли в ближайшие десятилетия.

Для успешного развития эко-брендинга в российской ветеринарии необходимы: создание национальной системы сертификации экологически чистой ветеринарной продукции, повышение осведомленности потребителей и производителей о преимуществах устойчивых практик, а также государственная поддержка биотехнологических стартапов, ориентированных на создание экологически чистых продуктов для животноводства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барезев К.В. Экобрендинг: оценка эффективности, креативные технологии и формирование иммунитета. Экономика и управление. 2010;5(55): 112-115.
2. Валькова Е.М., Коршунова Ю.М. Брендинг экологии или экобрендинг: почему он так важен и как его грамотно использовать? Трибуна ученого. 2022;1:163-168.
3. Веселова Э.Ш. Тернистые пути российского биотеха. ЭКО. 2023;2(584):8-33. DOI 10.30680/ECO0131-7652-2023-2-8-33
4. Волкова Е.Д. Значение экобрендинга для устойчивого развития компании. Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2022;8:148-150. DOI 10.23672/z9200-8550-1687-s
5. Глобальные тренды и российский потребитель 2017. GfK Consumer Life. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/RU/Documents/Press_Releases/2017/GfK-Global-Russian-Trends-Sep_2017_Report.pdf. (дата обращения 25.09.2026)
6. Давиденко Л.М., Миллер М.А. Экобрендинг промышленной продукции: структура цифрового справочника-путеводителя для участников «зеленой» интеграции. Современный менеджмент: проблемы и перспективы : Сборник статей по итогам XIX Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26–27 сентября 2024 года. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный экономический университет. 2024: 276-280.
7. Иванникова Р.Ф., Смирнова Е.А., Пименов Н.В. Нанотехнологии в биофармацевтике. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025;7: 115–122. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202507113

8. Иванникова Р.Ф., Смирнова Е.А., Пименов Н.В. Анализ вакцин против ринопневмонии лошадей отечественного и зарубежного производства. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202403010
9. Кирюшин П. «Зеленая экономика»: возможности и ограничения для российского бизнеса. Russie.Nei.Visions. Institut Franais des Relations Internationales (IFRI), Russia/NIS Center Paris. 2014;79:1–24.
10. Коноводов Т.А., Смирнова Е.А. Применение штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus licheniformis* в составе кормовых добавок в сельском хозяйстве. Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции (Луганск, 21 января – 06 февраля 2025 г.). Луганск: ФГОУВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова». 2025:141–142.
11. Налиткина М.А. Значение экобрендинга для устойчивого развития компании. Культура и экология - основы устойчивого развития России. Историческая память и духовный опыт поколений : Материалы Международного форума, Екатеринбург, 11—15 апреля 2025 года. Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. 2025: 270-275.
12. О результатах всероссийского опроса ВЦИОМ, проведенного в рамках исполнения поручения главы Минприроды России Сергея Донского. Росприроднадзор. — 16.01.2017. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rpn.gov.ru/node/29323>. (дата обращения 25.09.2026)
13. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Малышков Г.Б. Стратегия устойчивого развития и переход к зеленой экономике: обновление приоритетов и механизмов. Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2013;4:35–54.
14. Перечень поручений по итогам заседания Государственного совета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» (состоявшегося 27 декабря 2016 года). Президент России: официальный сайт. — 24.01.2017 . [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/53775>. (дата обращения 25.09.2026)
15. Резолюция ООН «Будущее, которого мы хотим», принятая Генеральной Ассамблеей 27.07.2012. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.un.org/ru/ga/66/docs/66res_nocte.shtml (дата обращения 30.09.2026)
16. Aslam F et al. Production of commercially important enzymes from *Bacillus licheniformis* KIBGE-IB3 using date fruit wastes as substrates. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2020;18:1-7.
17. Beauchemin K.A. et al. Recombinant fibrolytic feed enzymes and ammonia fibre expansion (AFEX) pretreatment of crop residues to improve fibre degradability in cattle. Animal Feed Science and Technology. 2019; 256: Article # 114260.
18. Cappellano G., Abreu H., Casale C., Dianzani U., Chiocchetti A. Nano-Microparticle Platforms in Developing next-Generation Vaccines. Vaccines 2021; 9: 606.
19. Chung Y.H., Church D., Koellhoffer E.C., Osota E., Shukla S., Rybicki E.P., Pokorski J.K., Steinmetz N.F. Integrating Plant Molecular Farming and Materials Research for Next-Generation Vaccines. Nat. Rev. Mater. 2022;7: 372—388.
20. Dolgopyatova T., Fedyunina A., Nazarova A. Pharmaceutical Production in Russia During the Pandemic: Chronic Problems, New Challenges. ECO. 2021;51(8): 38—63. (In Russ.). DOI:10.30680/ECO0131—7652—2021—8—38—63

REFERENCES

1. Barezhev K.V. Eco-branding: performance assessment, creative technologies, and immunity building. Economics and Management. 2010;5(55):112-115. (in Russ)
2. Valkova E.M., Korshunova Yu.M. Environmental branding or eco-branding: why is it so important and how can it be used effectively? Tribuna Uchenogo. 2022;1:163-168. (in Russ)
3. Veselova E.Sh. The thorny path of Russian biotech. ECO. 2023;2(584):8-33. (in Russ) DOI 10.30680/ECO0131-7652-2023-2-8-33
4. Volkova E.D. The significance of eco-branding for a company's sustainable development. Humanities, Socio-Economic and Social Sciences. 2022;8:148-150. (in Russ) DOI 10.23672/z9200-8550-1687-s
5. Global Trends and the Russian Consumer 2017. GfK Consumer Life. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/RU/Documents/Press_Releases/2017/GfK-Global-Russian-Trends-Sep_2017_Report.pdf.
6. Davidenko L.M., Miller M.A. Eco-branding of industrial products: structure of a digital reference guide for participants in "green" integration. Modern Management: Problems and Prospects: Collection of papers from the 19th International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, September 26–27, 2024. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Economics, 2024: 276–280. (in Russ)
7. Ivannikova R.F., Smirnova E.A., Pimenov N.V. Nanotechnologies in Biopharmaceuticals. Veterinary Medicine, Zootechnics and Biotechnology. 2025;7: 115–122. (in Russ) DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202507113
8. Ivannikova R.F., Smirnova E.A., Pimenov N.V. Analysis of Domestic and Foreign-Produced Vaccines Against Equine Rhinopneumonitis. Veterinary Medicine, Zootechnics and Biotechnology. 2024. (in Russ) DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202403010
9. Kiryushin P. "Green Economy": Opportunities and Limitations for Russian Business. Russie.Nei.Visions. Institut Français des Relations Internationales (IFRI), Russia/NIS Center Paris. 2014;79:1–24. (in Russ)
10. Konovodov T.A., Smirnova E.A. Application of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus licheniformis*

- Strains in Feed Additives in Agriculture. Agricultural Science in Ensuring Food Security and Rural Development: Collection of Materials from the 6th International Scientific and Practical Conference (Lugansk, January 21 – February 6, 2025). Luhansk: Lugansk State Agrarian University named after K. E. Voroshilov. 2025:141–142. (in Russ)
11. Nalitkina M.A. The significance of eco-branding for a company's sustainable development. Culture and Ecology: Foundations of Russia's Sustainable Development. Historical Memory and the Spiritual Experience of Generations: Proceedings of the International Forum, Yekaterinburg, April 11–15, 2025. Yekaterinburg: Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin. 2025:270–275. (in Russ)
12. On the results of the All-Russian VTsIOM survey conducted in fulfillment of the directive from the Head of the Ministry of Natural Resources of Russia, Sergey Donskoy. Rosprirodnadzor. — January 16, 2017. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <http://rpn.gov.ru/node/29323>.
13. Pakhomova N.V., Richter K.K., Malyshkov G.B. Sustainable development strategy and the transition to a green economy: updating priorities and mechanisms. St. Petersburg University Journal of Economic Studies. 2013;4:35–54. (in Russ)
14. List of instructions following the State Council meeting on the topic "On the Environmental Development of the Russian Federation for the Benefit of Future Generations" (held on December 27, 2016). President of Russia: Official Website. — January 24, 2017. [September 25, 2026] (in Russ) Access mode: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/53775>.
15. UN Resolution "The Future We Want," adopted by the General Assembly on July 27, 2012. [Electronic resource] (in Russ) Access mode: https://www.un.org/ru/ga/66/docs/66res_nocte.shtml (accessed September 30, 2026)
16. Aslam F et al. Production of commercially important enzymes from *Bacillus licheniformis* KIBGE-IB3 using date fruit wastes as substrates. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. 2020;18:1-7.
17. Beauchemin K.A. et al. Recombinant fibrolytic feed enzymes and ammonia fibre expansion (AFEX) pre-treatment of crop residues to improve fibre degradability in cattle. Animal Feed Science and Technology. 2019; 256: Article # 114260.
18. Cappellano G., Abreu H., Casale C., Dianzani U., Chiocchetti A. Nano-Microparticle Platforms in Developing next-Generation Vaccines. Vaccines 2021; 9: 606.
19. Chung Y.H., Church D., Koellhoffer E.C., Osota E., Shukla S., Rybicki E.P., Pokorski J.K., Steinmetz N.F. Integrating Plant Molecular Farming and Materials Research for Next-Generation Vaccines. Nat. Rev. Mater. 2022;7: 372–388.
20. Dolgopyatova T., Fedyunina A., Nazarova A. Pharmaceutical Production in Russia During the Pandemic: Chronic Problems, New Challenges. ECO. 2021;51(8): 38–63. (In Russ.). DOI:10.30680/ECO0131—7652—2021—8—38—63

Поступила в редакцию / Received: 01.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 23.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

РОН-ИНБРИДИНГ И ВНУТРИПОРОДНАЯ СТРУКТУРА КОРОВ КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОДЫ ПО ДАННЫМ SNP-ГЕНОТИПИРОВАНИЯ: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВЕТЕРИНАРНО-БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПЛЕМЕННОГО СТАДА

Алимсолтан Ахмедович Оздемиров^{1✉}, Сарият К. Гамзатова², Етар Магомедовна Алиева³

^{1,2,3} Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Российская Федерация

¹канд. биол. наук, заведующий лабораторией геномных исследований, селекции и племенного дела, email: alim72@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2150-2192

²научный сотрудник лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела отдела животноводства, orcid.org/0009-0009-8311-855X

³научный сотрудник лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела отдела животноводства, orcid.org/0000-0002-7437-9231

РЕФЕРАТ

Цель исследования - оценить геномное разнообразие, РОН-инбридинг и внутрипородную структуру коров красной степной породы как показатели, пригодные для ветеринарно-биологического мониторинга племенного стада. Материалом служила выборка 40 коров маточного поголовья СХК «Агрофирма Согратль» Республики Дагестан, генотипированных на Illumina BovineSNP50 BeadChip. Для оценки гетерозиготности и популяционной структуры после контроля качества использовали 42 105 аутосомных SNP; РОН-анализ выполняли в отдельной воспроизводимой ветви на 42 242 аутосомных SNP. Средняя индивидуальная наблюдаемая гетерозиготность составила $0,377 \pm 0,012$ (диапазон 0,335-0,389). Выявлено 87 РОН-сегментов длиной не менее 1 Mb у 34 из 40 животных. Средний F_ROH составил 0,00568, медиана - 0,00518, диапазон - 0-0,01814; средняя суммарная длина РОН на животное составила 14,25 Mb. При ADMIXTURE минимальная медианная ошибка кросс-валидации получена при K = 2 (0,608; при K = 3 - 0,630), поэтому двухкомпонентная модель использована как рабочее описание внутривидовой генетической неоднородности. В PCA-анализе 2025 года первые две главные компоненты объясняли 15,7 и 13,9% вариации. Полученные данные указывают на невысокий средний уровень РОН-инбридинга при заметных межиндивидуальных различиях и подтверждают целесообразность использования SNP-показателей как дополнительного, а не самостоятельного инструмента геномного мониторинга племенного стада.

Ключевые слова: красная степная порода, крупный рогатый скот, SNP-генотипирование, РОН, F_ROH, автозиготность, геномный мониторинг, ветеринарно-биологический контроль.

Для цитирования: Оздемиров А.А., С.К. Гамзатова, Е.М. Алиева. РОН-инбридинг и внутрипородная структура коров красной степной породы по данным SNP-генотипирования: значение для ветеринарно-биологического мониторинга племенного стада. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:160-165. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.160>

ROH INBREEDING AND WITHIN-BREED STRUCTURE OF RED STEPPE COWS BASED ON SNP GENOTYPING: RELEVANCE FOR VETERINARY-BIOLOGICAL MONITORING OF BREEDING HERD

Alimsoltan Ak. Ozdemirov^{1✉}, Sariyat K. Gamzatova², Yetar M. Aliyeva³

^{1,2,3} Federal Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan, Russian Federation

¹Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Genomic Research, Breeding, and Pedigree Work, email: alim72@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2150-2192

²Researcher, Laboratory of Genomic Research, Breeding, and Pedigree Work, orcid.org/0009-0009-8311-855X

³Researcher, Laboratory of Genomic Research, Breeding, and Pedigree Work, orcid.org/0000-0002-7437-9231

ABSTRACT

The aim of this study was to assess genomic diversity, ROH-based inbreeding and within-breed structure in Red Steppe cows as complementary indicators for veterinary-biological monitoring of a breeding herd. The study included 40 cows from the breeding female stock of the Agrofirma Sogratl herd in the Republic of Dagestan, Russia, genotyped using the Illumina BovineSNP50 BeadChip. After marker-level quality control, 42,105 autosomal SNPs were used for heterozygosity and population-structure analyses. A separate reproducible ROH branch included 42,242 autosomal SNPs. Individual observed heterozygosity averaged 0.377 ± 0.012 and ranged from 0.335 to 0.389. Runs of homozygosity were detected in PLINK v1.9 using a minimum length of 1 Mb, at least 50 SNPs per run, a maximum inter-marker gap of 1,000 kb, and the documented sliding-window settings. In total, 87 ROH segments were detected in 34 of 40 animals. Mean F_ROH was 0.00568, the median was 0.00518, and the range was 0-0.01814; mean total ROH length was 14.25 Mb per animal. The three animals with the greatest total ROH length had 45.51, 45.29 and 40.13 Mb, respectively, but even these values remained within a low overall inbreeding range for the studied herd. ADMIXTURE was evaluated with 10-fold cross-validation and repeated runs across K = 2-6. The lowest median cross-validation error was obtained at K = 2 (0.608),

whereas $K = 3$ yielded 0.630 and progressively higher values were observed for larger K . Therefore, $K = 2$ was retained as a parsimonious working description rather than evidence of two biologically isolated subpopulations. In the 2025 PCA analysis used in this study, PC1 and PC2 accounted for 15.7% and 13.9% of the reported variation, respectively. Because PCA and ADMIXTURE were derived from the same genotype matrix, their qualitative agreement was interpreted as complementary description rather than independent validation. The results indicate low average ROH-based inbreeding with measurable between-animal heterogeneity. SNP-based heterozygosity, ROH metrics and population-structure analyses can therefore complement pedigree, health, reproductive and productivity records in herd monitoring, but should not be used as stand-alone criteria for culling or mating decisions.

Key words: Red Steppe cattle, SNP genotyping, ROH, F_{ROH} , autozygosity, genomic monitoring, veterinary-biological control.

For citation: Ozdemirov A.A., Gamzatova S.K., Alieva E.M. ROH-based inbreeding and within-breed structure of Red Steppe cows based on SNP genotyping: relevance for veterinary-biological monitoring of breeding herd. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:160-165. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.160>

ВВЕДЕНИЕ

В племенной работе часть рисков остается скрытой для обычного хозяйственного учета. Животное может не иметь заметных клинических отклонений и при этом нести повышенную долю участков генома, полученных от общих предков. Для небольших или частично закрытых стад это особенно важно: многократное использование ограниченного числа производителей постепенно усиливает родственную гомозиготность, сужает генетическую основу и повышает вероятность проявления неблагоприятных рецессивных вариантов [2, 9]. Поэтому ветеринарно-биологическое сопровождение племенного стада все чаще требует не только клинического наблюдения и оценки продуктивности, но и геномного контроля.

Одним из удобных показателей такой скрытой нагрузки являются пробеги гомозиготности (runs of homozygosity, ROH). Это протяженные участки, в которых две хромосомы несут одинаковые фрагменты, унаследованные от общего предка. Чем больше суммарная длина ROH, тем выше доля генома, находящаяся в состоянии автозиготности. В прикладном смысле ROH важны не как самостоятельный «запрещающий» признак, а как сигнал для более осторожного подбора пар, особенно при работе с племенными группами ограниченного размера [2, 6, 9].

Красная степная порода крупного рогатого скота представляет интерес как регионально адаптированный ресурс молочного направления. Она ценится за хозяйственную пластичность и приспособленность к условиям засушливых и полувасушливых зон; продуктивные и биологические особенности породы описаны и для российских популяций [10]. Высокоплотные SNP-исследования китайской красной степной популяции также показали информативность геномных данных для оценки разнообразия и структуры породы [8]. При этом для отдельных хозяйственных стад на юге России по-прежнему ограничены данные, позволяющие совместно оценивать индивидуальную гетерозиготность, ROH-инбридинг и внутривидовую структуру.

Цель работы - оценить геномное разнообразие, ROH-инбридинг и внутривидовую структуру коров красной степной породы по данным SNP-генотипирования, а также определить, как эти показатели могут использоваться в ветеринарно-биологическом мониторинге племенного стада.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включили 40 коров красной степной породы из маточного поголовья СХК «Агрофирма Согратль» Республики Дагестан. Группа представляла хозяйственную выборку, сформированную в рамках НИР 2025 года. Индивидуальные сведения о возрасте, номере лактации и происхождении по отцам в доступном генотипическом реестре не были документированы; поэтому эти характеристики не использовали для стратификации выборки, а отсутствие соответствующей информации учитывали как ограничение исследования.

Геномную ДНК выделяли стандартными методами из биологического материала. Контроль качества полученных препаратов проводили по соотношению оптических плотностей при длинах волн 260 и 280 нм (A_{260}/A_{280}), а также методом электрофореза в агарозном геле для оценки целостности ДНК и выявления возможных примесей. Для последующего генотипирования использовали образцы с удовлетворительными показателями чистоты и без признаков деградации.

SNP-генотипирование выполняли с использованием чипа Illumina BovineSNP50, содержащего 53 218 маркеров [7], по технологии Infinium в соответствии с протоколом производителя. Гибридизацию ДНК с зондами, последующую обработку и сканирование микрочипов проводили в одной серии для всех образцов. Первичную обработку сигналов и определение генотипов осуществляли в программе GenomeStudio с последующим экспортом данных в формат PLINK.

Контроль качества SNP-данных выполняли в PLINK v1.9 [3]. Для основного набора, предназначенного для оценки гетерозиготности и популяционной структуры, последовательно применяли фильтры `--geno 0.03`, `--maf 0.05` и `--hwe 1e-6 midp` по аутосомам BTA1–BTA29. После фильтрации сохранилось 42 105 SNP у всех 40 животных. Критерий равновесия Харди–Вайнберга (HWE) использовали исключительно для фильтрации маркеров основного аналитического набора, а не для исключения животных. ROH-анализ выполняли в отдельной аналитической ветви на 42 242 аутосомных SNP без применения HWE-фильтра. Для анализа популяционной структуры проводили LD-прореживание с использованием окна из 50 SNP, шага 5 SNP и порога $r^2 = 0.2$.

Наблюдаемую гетерозиготность (H_o) рассчитывали по формуле:

Таблица 1. Индивидуальные ROH-показатели трех животных с наибольшей суммарной длиной ROH.
Table 1. Individual ROH metrics for the three animals with the greatest total ROH length.

Технический IID	Число ROH	ΣROH, Mb	Макс. ROH, Mb	F ROH
R11C01	6	45,507	24,883	0,01814
R08C02	6	45,292	20,469	0,01806
R14C02	4	40,127	18,152	0,01600

Примечание. IID приведены в сокращенном техническом формате исходного PLINK-набора 2025 года. F_ROH рассчитан при L_auto = 2508,235 Mb.

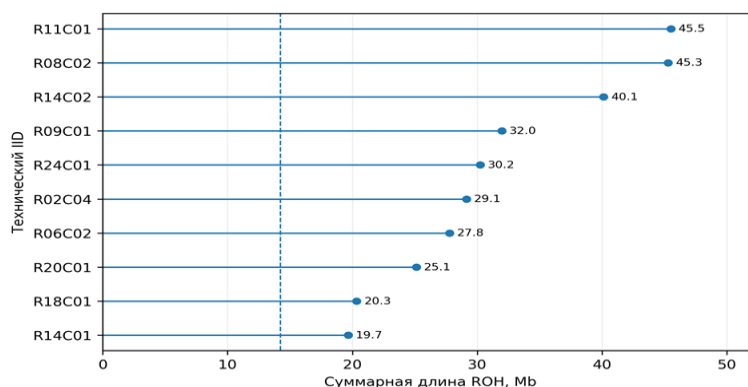


Рисунок 1. Животные красной степной породы с наибольшей суммарной длиной ROH.

Figure 1. Animals of the Red Steppe breed with the greatest total ROH length.

Примечание. Показаны сокращенные технические IID; полный префикс в исходных PLINK-файлах - 206667760179_. Пунктирная линия соответствует средней суммарной длине ROH по выборке (14,25 Mb).

тывали для каждого животного по пост-QC набору как долю гетерозиготных генотипов среди успешно типированных аутосомных SNP. ROH анализировали отдельно на 42 242 аутосомных SNP в PLINK v1.9; HWE-фильтр в эту ROH-ветвь не включали. Для детекции использовали --homozyg-kb 1000, --homozyg-snp 50, --homozyg-density 50, --homozyg-gap 1000, --homozyg-window-snp 50, --homozyg-window-het 1, --homozyg-window-missing 5 и --homozyg-window-threshold 0.05. Для каждого животного фиксировали число и длины ROH. Коэффициент F_ROH рассчитывали как L_{ROH}/L_{auto} , где L_{ROH} - суммарная длина ROH, а $L_{auto} = 2508,235$ Mb - длина анализируемого аутосомного генома, определенная как сумма максимальных физических координат SNP на BTA1-BTA29 по сборке ARS-UCD1.2.

Внутрипородную структуру оценивали с помощью PCA и ADMIXTURE v1.3 [1]. Для анализа структуры использовали LD-прореженный набор из 8 344 SNP (окно 50 SNP, шаг 5 SNP, $r^2 = 0,2$); PCA выполняли в PLINK v1.9. ADMIXTURE запускали для $K = 2-6$ с 10-кратной кросс-валидацией; для каждого K выполняли по 20 запусков с разными начальными условиями. Оптимальное число компонент определяли по минимальной CV-error. Медианные значения составили 0,608 для $K = 2$; 0,630 для $K = 3$; 0,671 для $K = 4$; 0,743 для $K = 5$ и 0,860 для $K = 6$. Поэтому основной рабочей моделью выбрано $K = 2$. Генетические компоненты интерпретировали как описательные элементы внутривидовой структуры, а не как доказательство существования биологически изолированных субпопуляций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После контроля качества основной набор для оценки гетерозиготности и структуры содержал 42

105 аутосомных SNP у 40 коров. Индивидуальная наблюдаемая гетерозиготность варьировала от 0,335 до 0,389; среднее значение составило $0,377 \pm 0,012$. Эти данные не указывают на резкое обеднение генетической вариабельности в обследованной хозяйственной выборке, хотя между отдельными животными сохранялись заметные различия.

Индивидуальные ROH-показатели трех животных с максимальной суммарной длиной ROH приведены в таблице 1.

В воспроизводимом ROH-анализе 2025 года выявлено 87 сегментов длиной не менее 1 Mb; ROH присутствовали у 34 из 40 животных. В пересчете на всю выборку приходилось 2,18 ROH на животное. Средняя суммарная длина ROH составила 14,25 Mb, максимальная - 45,51 Mb. Средний F_ROH равнялся 0,00568, медиана - 0,00518, диапазон - 0-0,01814. Сегменты длиной более 8 Mb формировали 62,5% суммарной протяженности ROH. Таким образом, общий уровень ROH-инбридинга в стаде был невысоким, но межиндивидуальные различия сохранялись.

Наибольшая суммарная длина ROH отмечена у технических IID R11C01, R08C02 и R14C02 - 45,51; 45,29 и 40,13 Mb соответственно. Их F_ROH составил 0,01814; 0,01806 и 0,01600, число ROH - 6, 6 и 4, а наиболее протяженный единственный ROH - 24,88; 20,47 и 18,15 Mb. Эти различия характеризуют индивидуальную структуру автозиготности, но сами по себе не являются основанием для выбраковки животных.

ADMIXTURE не выявил оснований для усложнения модели сверх $K = 2$: медианная CV-error была минимальной при $K = 2$ (0,608) и возрастала при $K = 3-6$ (0,630; 0,671; 0,743; 0,860). При $K = 2$ у 31 из 40 животных преобладала компонента 1, у 9 - компонента 2; соотношение компонент варьи-

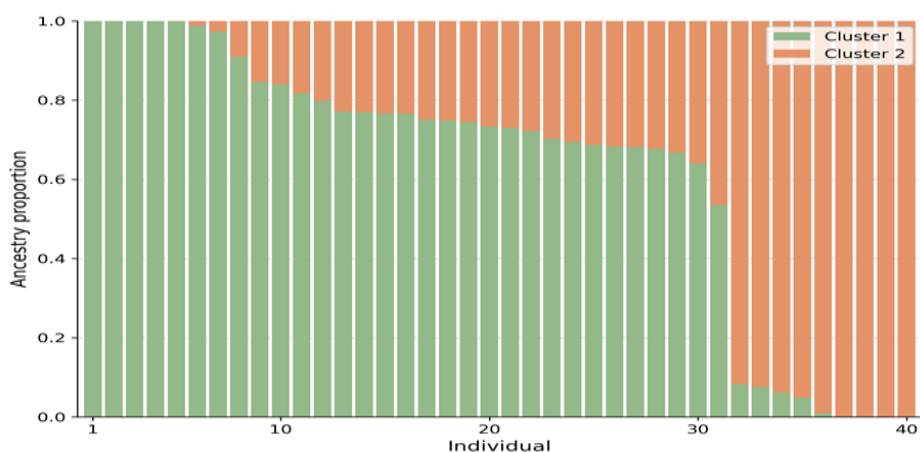


Рисунок 2. Индивидуальные профили геномного происхождения коров красной степной породы по данным ADMIXTURE при K = 2.

Figure 2. Individual genomic ancestry profiles of Red Steppe cows based on ADMIXTURE data at K = 2.

Примечание. Каждый вертикальный столбец соответствует одному животному; цветовые сегменты отражают индивидуальные доли двух условных генетических компонент. Животные упорядочены по доле компоненты 1. Cluster 1 и Cluster 2 являются статистическими компонентами внутрипородной структуры и не обозначают отдельные породы или биологически изолированные субпопуляции. Значение K = 2 выбрано по минимальной медианной ошибке кросс-валидации.

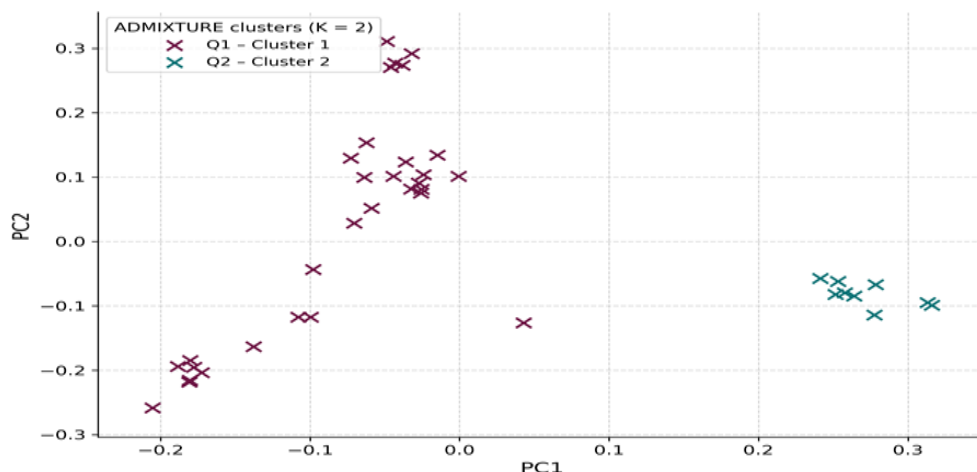


Рисунок 3. Диаграмма главных компонент (PCA) коров красной степной породы с выделением групп по преобладающей генетической компоненте ADMIXTURE (K = 2).

Figure 3. Principal Component Analysis (PCA) plot of Red Steppe cows, with groups distinguished by the predominant ADMIXTURE genetic component (K = 2).

Примечание. Каждая точка соответствует отдельному животному. Оси PC1 и PC2 отражают первую и вторую главные компоненты генетической изменчивости (15,7 и 13,9% соответственно). Цвет и условное обозначение точек соответствуют преобладающей индивидуальной компоненте ADMIXTURE при K = 2. PCA и ADMIXTURE использованы как взаимодополняющие способы описания одной и той же генотипической выборки.

ровало между животными. Двухкомпонентную модель использовали как наиболее парсимоничное описание внутривидовой генетической неоднородности, не отождествляя выделенные компоненты с самостоятельными субпопуляциями.

Распределение животных в пространстве первых двух главных компонент дополняло результаты ADMIXTURE. В PCA-анализе 2025 года PC1 и PC2 объясняли 15,7 и 13,9% вариации соответственно. Разделение животных вдоль PC1 было связано с преобладающей компонентой ADMIXTURE, при этом внутри основной группы сохранялся дополнительный разброс по PC1 и PC2. Поскольку PCA и ADMIXTURE основаны на одной и той же генотипической матрице, их качественное соответствие рассматривали как

взаимодополняющее описание внутривидовой структуры, а не как независимую валидацию.

Полученные данные характеризуют исследованное поголовье красной степной породы как генетически неоднородную, но не обедненную по индивидуальной гетерозиготности хозяйственную группу. Средняя Но составила $0,377 \pm 0,012$. При этом одна средняя величина не описывает состояние стада полностью: индивидуальные значения различались, поэтому для племенной и ветеринарно-профилактической работы полезнее совместно учитывать гетерозиготность, ROH и родство.

ROH-анализ дополняет эту картину. Воспроизводимая ветвь PLINK выявила 87 ROH у 34 из 40 животных, а средний F_{ROH} составил 0,00568

при диапазоне 0-0,01814. Это соответствует невысокому среднему уровню ROH-инбридинга, однако суммарная длина и конфигурация сегментов заметно различались между животными. Такое различие важно при подборе пар, поскольку среднее значение по стаду может скрывать отдельные геномы с более высокой автозиготностью [2, 4, 9].

Животные с относительно высокой для данной выборки ROH-нагрузкой не должны автоматически рассматриваться как непригодные для разведения. У трех животных с максимальной суммарной длиной ROH значения F_{ROH} оставались в пределах 0,01600-0,01814. Если такие коровы имеют ценные продуктивные или адаптивные качества, решение о подборе должно основываться на совокупности данных, прежде всего на проверке родства и происхождения, а не на одном ROH-показателе.

В ветеринарно-биологическом аспекте ROH-профиль имеет прежде всего профилактическое значение. Повышенная автозиготность в более инбредных популяциях может увеличивать вероятность проявления неблагоприятных рецессивных вариантов и ассоциироваться с инбридинговой депрессией [2, 6, 9]. В настоящей выборке средний F_{ROH} был невысоким, а клинические или продуктивные последствия ROH специально не изучались; поэтому прямые выводы о здоровье отдельных коров не делались.

Отдельного обсуждения заслуживает структура выборки. Кросс-валидация ADMIXTURE дала минимум ошибки при K = 2, поэтому именно этот уровень принят как наиболее экономное статистическое описание. Даже при K = 2 компоненты не следует отождествлять с самостоятельными породными или изолированными субпопуляциями: внутри одного хозяйственного стада они могут отражать неодинаковый вклад производителей и линий. Данные Hu et al. [8] по китайской красной степной популяции также показывают информативность SNP-подходов для изучения внутрипородного разнообразия, однако прямое количественное сопоставление ограничено различиями выборок и аналитических схем.

PCA и ADMIXTURE дали совместимое общее представление о внутростадной генетической неоднородности, однако это не является независимой валидацией, поскольку оба анализа основаны на одной матрице генотипов. Поэтому практический смысл результатов состоит не в выделении жестких кластеров, а в учете различий геномного профиля между животными при последующем анализе родства и подборе пар.

Практически мониторинг такого стада целесообразно строить на нескольких уровнях. Для всей группы оценивают качество SNP-набора и распределение гетерозиготности; для отдельных животных - число, суммарную длину и максимальную длину ROH, F_{ROH}; структуру стада рассматривают по PCA/ADMIXTURE вместе с геномным родством. Совместное использование этих показателей снижает риск решений, основанных на одном описательном параметре.

При планировании подбора пар наиболее информативно сочетать ROH-показатели с прямой оценкой геномного родства. Невысокий F_{ROH} не гарантирует отсутствия близкого родства между конкретной парой животных, а более высокий F_{ROH} у отдельной коровы сам по себе не означает ее низкой племенной ценности. Поэтому ROH следует использовать как дополнительный индикатор, а не как самостоятельный критерий допуска или исключения из разведения.

SNP-данные не заменяют ветеринарное обследование, родословную, оценку продуктивности и репродуктивные показатели. Их роль другая - дополнить эти источники информации и заранее показать скрытые генетические зоны риска. Наиболее полезным будет дальнейшее объединение геномных результатов с фактическими данными по воспроизводству, сохранности, устойчивости к заболеваниям, молочной продуктивности и продолжительности хозяйственного использования. В этом случае геномная оценка перестанет быть только описательной и сможет работать как часть системы управления здоровьем и воспроизводством племенного стада.

Главное ограничение работы - небольшой объем выборки и ее происхождение из одного хозяйства. Кроме того, в доступном реестре 2025 года отсутствовали индивидуальные сведения о возрасте, номере лактации и происхождении по отцам, что не позволяет проверить вклад этих факторов в наблюдаемую структуру. Результаты следует рассматривать как характеристику конкретного стада. Следующий этап должен включать документированную родословную, фенотипические показатели и независимые хозяйственные выборки.

ВЫВОДЫ

1. В исследованной выборке средняя индивидуальная наблюдаемая гетерозиготность составила 0,377 ± 0,012 при диапазоне 0,335-0,389; все 40 животных были сохранены после контроля качества.
2. Воспроизводимый PLINK-анализ выявил 87 ROH длиной не менее 1 Mb у 34 из 40 животных; средний F_{ROH} составил 0,00568, медиана - 0,00518, диапазон - 0-0,01814, что соответствует невысокому среднему уровню ROH-инбридинга при наличии межиндивидуальных различий.
3. Наибольшая суммарная длина ROH составила 45,51 Mb; индивидуальные ROH-показатели целесообразно учитывать при подборе пар только совместно с данными о родстве, происхождении, продуктивности и состоянии животных.
4. ADMIXTURE показал минимальную CV-error при K = 2; PCA характеризовал умеренную внутростадную дифференциацию. Эти результаты следует трактовать как описательную внутрипородную структуру, а не как доказательство изолированных субпопуляций.
5. Совместное применение Ho, F_{ROH}, характеристик ROH и методов анализа структуры может использоваться как дополнительный элемент ветеринарно-биологического мониторинга, но не заменяет родословную, геномное родство, клинические, репродуктивные и продуктивные данные.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках темы № FNMN-2025-0003.

ЭТИЧЕСКОЕ ОДОБРЕНИЕ

Протокол исследования животных одобрен этическим комитетом Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан (протокол № 1В от 23 июня 2025 г.).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Абдурахману Г. Чураеву и Варису Хочаibraгимову за предоставление доступа к стаду красной степной породы и техническую поддержку при отборе биологического материала.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Alexander D.H., Lange K. Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. BMC Bioinformatics. 2011;12:246. doi:10.1186/1471-2105-12-246
2. Ceballos F.C., Joshi P.K., Clark D.W., Ramsay M., Wilson J.F. Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. Nat Rev Genet. 2018;19(4):220-234. doi:10.1038/nrg.2017.109
3. Chang C.C., Chow C.C., Tellier L.C.A., Vattikuti S., Purcell S.M., Lee J.J. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. GigaScience. 2015;4:7. doi:10.1186/s13742-015-0047-8
4. Ferenčaković M., Sölkner J., Curik I. Estimating autozygosity from runs of homozygosity: effects of SNP density and genotyping errors. Genet Sel Evol. 2013;45:42. doi:10.1186/1297-9686-45-42
5. Gomez Proto G., Mancin E., Sartori C., Mantovani R. Unraveling inbreeding patterns and selection signals in Alpine Grey cattle. Animal. 2024;18:101159. doi:10.1016/j.animal.2024.101159
6. Mastrangelo S., Tolone M., Di Gerlando R., Ciampolini R., Sardina M.T., Portolano B. Genomic inbreeding estimation in small populations. Animal. 2016;10(5):746-754. doi:10.1017/S1751731115002943
7. Matukumalli L.K., Lawley C.T., Schnabel R.D., Taylor J.F., Allan M.F., Heaton M.P., et al. Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle. PLoS One. 2009;4:e5350. doi:10.1371/journal.pone.0005350
8. Mingyue H., Hao J., Weining L., Lulu S., Wenfeng Y., Hao S., Chengzhen C., Bao Y., Shouqing Y., Jiabao Z. Assessing genomic diversity and signatures of selection in Chinese Red Steppe cattle using high-density SNP array. Animals. 2023;13:1717. doi:10.3390/ani13101717
9. Purfield D.C., Berry D.P., McParland S., Bradley D.G. Runs of homozygosity and population history in cattle. BMC Genet. 2012;13:70. doi:10.1186/1471-2156-13-70
10. Ильин В.В., Желтиков А.И., Короткевич О.С. Изучение некоторых продуктивных и биологических особенностей крупного рогатого скота красной степной породы в Алтайском крае. Достижения науки и техники АПК. 2012;(2):68-71.

REFERENCES

1. Alexander D.H., Lange K. Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. BMC Bioinformatics. 2011;12:246. doi:10.1186/1471-2105-12-246.
2. Ceballos F.C., Joshi P.K., Clark D.W., Ramsay M., Wilson J.F. Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. Nat Rev Genet. 2018;19(4):220-234. doi:10.1038/nrg.2017.109.
3. Chang C.C., Chow C.C., Tellier L.C.A., Vattikuti S., Purcell S.M., Lee J.J. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. GigaScience. 2015;4:7. doi:10.1186/s13742-015-0047-8.
4. Ferenčaković M., Sölkner J., Curik I. Estimating autozygosity from runs of homozygosity: effects of SNP density and genotyping errors. Genet Sel Evol. 2013;45:42. doi:10.1186/1297-9686-45-42.
5. Gomez Proto G., Mancin E., Sartori C., Mantovani R. Unraveling inbreeding patterns and selection signals in Alpine Gray cattle. Animal. 2024;18:101159. doi:10.1016/j.animal.2024.101159.
6. Mastrangelo S., Tolone M., Di Gerlando R., Ciampolini R., Sardina M.T., Portolano B. Genomic inbreeding estimation in small populations. Animal. 2016;10(5):746-754. doi:10.1017/S1751731115002943.
7. Matukumalli L.K., Lawley C.T., Schnabel R.D., Taylor J.F., Allan M.F., Heaton M.P., et al. Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle. PLoS One. 2009;4:e5350. doi:10.1371/journal.pone.0005350.
8. Mingyue H., Hao J., Weining L., Lulu S., Wenfeng Y., Hao S., Chengzhen C., Bao Y., Shouqing Y., Jiabao Z. Assessing genomic diversity and signatures of selection in Chinese Red Steppe cattle using high-density SNP array. Animals. 2023;13:1717. doi:10.3390/ani13101717.
9. Purfield D.C., Berry D.P., McParland S., Bradley D.G. Runs of homozygosity and population history in cattle. BMC Genet. 2012;13:70. doi:10.1186/1471-2156-13-70.
10. Ilyin V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S. Study of certain productive and biological characteristics of Red Steppe cattle in the Altai Territory. Achievements of Science and Technology of AIC. 2012;(2):68-71. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 02.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 24.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТА, ПОЛУЧЕННОГО ПУТЕМ БИОТЕРМИЧЕСКОГО КОМПСТИРОВАНИЯ ПАВШЕЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Роман Михайлович Хоменко^{1✉}, Владлен Владимирович Александров², Ирина Владимировна Кныш³,
Александр Владимирович Симейко⁴

^{1,2,3,4} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹ канд. ветеринар. наук, доц., email: Roman.khomenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9817-1400

² канд. ветеринар. наук, доц., orcid.org/0009-0006-1406-6678

³ канд. ветеринар. наук, доц., orcid.org/0000-0002-5339-6630

⁴ аспирант

РЕФЕРАТ

В настоящее время проблема переработки различных видов органических отходов сельскохозяйственного и пищевого производства становится наиболее актуальной, так как их приходится чаще всего утилизировать, оплачивая эту услугу. В тоже время постоянно повышается стоимость белковых компонентов кормов а, следовательно и комбикормов. В связи с этим актуальность приобретает разработка новых технологий и технических решений переработки сельскохозяйственных и пищевых отходов для возможного использования их в кормлении животных. Одной из таких технологий, которая позволяет производить кормовые продукты для откорма животных является биотермическая переработка органических отходов с помощью специальных установок, например, биотермических компостерах «ЭКО» производства ООО «РадиянПроект» и АО ПК «ЭКО». Технологические решения, примененные в биокомпостерах «ЭКО», позволили создать полностью автономную машину по утилизации пищевых и органических отходов различного объема. В статье приводятся результаты химического анализа полученного компоста после переработки отходов рыбного происхождения (взрослой радужной форели) на соответствие некоторым качественным показателям. В проведенных исследованиях установлено, что средняя масса отходов и бактерий (биосмесь), загружаемых на переработку за один раз уменьшилась в 16,1 раз и составила $1,9 \pm 0,2$ кг, содержание влаги составило 1,9%, массовая доля водорастворимых углеводов увеличилась до 6,8 %, содержание протеина повысилось до 10,5% по сравнению с исходным продуктом.

Ключевые слова: павшая рыба, радужная форель, биотермическое компстирование, качественные показатели, химический состав компоста.

Для цитирования: Хоменко Р.М., Александров В.В., Кныш И.В., Симейко А.В. Качественные показатели продукта, полученного путем биотермического компстирования павшей радужной форели. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:166-169. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.166>

MICROBIAL CONTAMINATION OF FISH PRODUCTION WASTE AFTER PROCESSING IN ECO BIOCOMPOSTERS

Roman. M. Khomenko^{1✉}, Vladlen V. Alexandrov², Irina V. Knysh³, Alexander V. Simeyko⁴

^{1,2,3,4} St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹ Candidate of Veterinary Sciences, Docent, email: Roman.khomenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9817-1400

² Candidate of Veterinary Sciences, Docent, orcid.org/0009-0006-1406-6678

³ Candidate of Veterinary Sciences, Docent, orcid.org/0000-0002-5339-6630

⁴ Postgraduate student

ABSTRACT

Currently, the problem of processing various types of organic waste from agricultural and food production is becoming the most urgent, as they often have to be disposed of by paying for this service. At the same time, the cost of protein components of feed and, consequently, compound feeds is constantly increasing. In this regard, the development of new technologies and technical solutions for processing agricultural and food waste for possible use in animal feeding is becoming relevant. One of these technologies, which allows the production of animal feed products, is the biothermal processing of organic waste using special installations, for example, biothermal composters "ECO" produced by LLC Radian Proekt and JSC PK ECO. Technological solutions used in ECO biocomposters have made it possible to create a fully autonomous machine for the disposal of food and organic waste of various volumes. The article presents the results of a chemical analysis of the resulting compost after processing fish waste (adult rainbow trout) for compliance with certain qualitative indicators. In the conducted studies, it was found that the average mass of waste and bacteria (bio-mixture) loaded for processing at one time decreased by 16.1 times and amounted to $1,9 \pm 0,2$ kg, the moisture content was 1.9%, the mass fraction of water-soluble carbohydrates increased to 6.8%, the protein content increased to 10.5% compared with the initial product.

Key words: dead fish, rainbow trout, biothermal composting, qualitative indicators, chemical composition of compost.

For citation: Khomenko R.M., Aleksandrov V.V., Knysh I.V., Simeiko A.V. Microbial contamination of fish production waste after processing in ECO biocomposters. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:166-169. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.166>

ВВЕДЕНИЕ

Биотермическая переработка отходов рыбодства представляет собой инновационный и эффективный способ утилизации органических отходов. Этот процесс основан на использовании биологических процессов для превращения органических материалов в энергию и полезные продукты, таким образом уменьшая вредные воздействия на окружающую среду.

Биокомпостеры «ЭКО» для переработки пищевых и биоразлагаемых отходов это внутрикорпусное оборудование, использующее микробиологическую технологию для компостирования органических отходов и снижения объема до 90% в течение 24 часов, в результате которого отходы превращаются в богатую питательными веществами питательную среду (биосмесь, которая может быть использована как органическое удобрение или кормовая добавка) [1, 2, 7-11].

Применение этой технологии также способствует снижению выбросов парниковых газов, таких как метан, что в свою очередь может снизить негативное воздействие на окружающую среду и, в частности, на климат. Именно разложение пищевых отходов продуцирует главные проблемы городских свалок: органолептический дискомфорт, выделение свалочных газов и их самовозгорание, загрязнение почвы и грунтовых вод. Органические отходы в первую очередь привлекают к городским свалкам множество синантропов, в том числе крыс, тараканов, мух, а также птиц, которые могут быть переносчиками опасных вирусных и бактериальных инфекций. Благодаря биотермической переработке, удается превратить отходы сельскохозяйственного производства в ценные ресурсы, такие как биогаз, и биосмесь, которая может быть использована как органическое удобрение или кормовая добавка.

Долговременный эффект биотермической переработки органических отходов может быть весьма значительным и стимулировать развитие сельскохозяйственной отрасли с созданием новых рабочих мест.

Целью исследования явилось изучение качественных показателей продукта, полученного путем биотермического компостирования павшей радужной форели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материала для исследования были отобраны пробы компоста, полученного в результате биотермической переработки рыбных отходов (павшей радужной форели) в установке «ЭКО». Пробы отбирались из одной и той же партии отходов, переработка которых проводилась по очереди в 2 смены.

Исследования полученного продукта проводили в условиях лаборатории по исследованию кормов, на базе С-ЗИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ», используя об-

щепринятые методики. Так, определение влажности проводили по ГОСТ 54951-2012 «Корма для животных. Определение содержания влаги» [3]; определение массовой доли водорастворимых углеводов по ГОСТ 26176-2019 «Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов» [4]; определение массовой доли сухого вещества по ГОСТ 31640-2012 «Корма. Методы определения сухого вещества» [5]; определение массовой доли сырого протеина по ГОСТ 7636-85 «Рыбы, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [6]; определение массовой доли сырого жира также по ГОСТ 7636-85.

Все цифровые результаты были обработаны статистически с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биокомпостеры «ЭКО» для переработки пищевых и биоразлагаемых отходов, используют микробиологическую и термическую технологии для переработки органических отходов. Происходит ускоренная микробная аэробная ферментация. Группы термофильных микроорганизмов при температурах плюс 50-70°C и повышенной влажности активно размножаются, поедая оставшуюся органику и белок, в результате отходы превращаются в богатую веществами питательную среду (компост). Благодаря такой переработке объем пищевых биоразлагаемых отходов снижается на 90% в течении 24 часов. Переработанные отходы превращаются в богатую питательными веществами биосмесь, которая может использоваться как органическое удобрение или кормовая добавка.

Процесс переработки пищевых отходов – это ускоренная микробная аэробная ферментация. Выделяются тепло, углекислый газ, водяной пар.

В данном случае в процессе переработки рыбных отходов задействованы 4 основные группы микроорганизмов: *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* и *Actinobacteria*.

Этапы компостирования (переработки) следующие:

- ♦ первую мезофильную стадию переработки осуществляют мезофильные бактерии *Enterobacteriales* (*Proteobacteria*). Которые при повышении температуры замещаются умеренно термофильными бактериями *Lactobacillales* (*Firmicutes*) (активны при температуре плюс 35-45°C).

- ♦ во второй, термофильной стадии переработки (45-60°C) работают различные микроорганизмы семейства *Bacillus* (*Firmicutes*): *B. subtilis*, *B. licheniformis* и *B. circulans*.

- ♦ в третьей стадии, при повышении температуры до 65-85°C активизируются и растут *Thermus*, которые участвуют в разложении различных макромолекул.

Таблица 1. Результаты химического анализа исходного сырья и полученного компоста на содержание питательных веществ.

Table 1. Results of chemical analysis of the feedstock and the resulting compost for the content of nutrients.

Показатели	Результат до переработки	Результат после переработки
Влажность, %	71,1	1,9
Массовая доля сухого вещества, %	28,9	98,1
Массовая доля водорастворимых углеводов, %	Менее 0,1	6,8
Массовая доля сырого жира, %	9,0	10,5
Массовая доля сырого протеина, %	19,28	21,2

Результат переработки – это биосмесь, продукт разложения отходов до состояния аминокислот в замкнутом цикле.

Внесённый раствор биопрепарата в органические отходы в несколько тысяч раз увеличивает скорость биотермических реакций. Относится к 4 классу опасности. Не опасен для человека, домашних животных, дождевых червей, птиц и дикой фауны.

Загружаемый материал представлял павшую и несортовую по органолептическим характеристикам и внешнему виду рыбу. Средняя масса отходов и бактерий (биосмесь), загружаемых на переработку за один раз составляла $32,0 \pm 0,2$ кг. Средняя масса получаемого продукта составляла $1,9 \pm 0,2$ кг.

За время эксперимента, проводившегося в течение недели переработано $224 \pm 0,2$ кг рыбных отходов объемом 246,4 литров. Средняя масса полученного продукта составляла $13,9 \pm 0,5$ кг.

В лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» был проведен химический анализ исходного продукта и полученного компоста на содержание питательных веществ. В результате исследования были получены данные приведенные в таблице 1.

При анализе химического состава исходного сырья и готового продукта были получены следующие результаты:

1. Содержание влаги и сухого вещества. В результате биокомпостирования произошло снижение влажности исходного сырья в 37,5 раз и увеличение сухого вещества в 3,4 раза, что позволило уменьшить исходный вес сырья в 16,1 раза.
2. Содержание водорастворимых углеводов. По полученным данным содержание углеводов в готовой продукции увеличилось в 68 раз, что примерно соответствует их содержанию в рыбной муке 4-11%, где они представлены в основном трудно гидролизуемыми формами, которые входят в состав органической части костной ткани. К ним относятся, например, хондроитинсерная кислота и сложные формы соединения углеводов с белками. На долю гликогена при этом приходится

не более 1% от общего содержания углеводов.

3. Содержание сырого протеина. Исследования показали, что в готовой продукции произошло незначительное увеличение протеина в сухом веществе на 1,92%, что может быть вызвано гидролизным разрушением белка и в результате бактериального разложения.

4. Содержание жира. Увеличение в содержании жира после переработки произошло незначительно на 1,5%. 10,5% жира – это довольно много, и сопоставимо с рыбной мукой. Высокое содержание жира всегда представляет опасность с точки зрения хранения, так как жиры не устойчивы к окислению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования показывают высокую эффективность работы биокомпостеров «ЭКО» для переработки биоразлагаемых отходов и, в частности, рыбных. Установлено, что микробная аэробная ферментация с участием термофильных микроорганизмов позволяет за 24 часа снизить объём отходов до 90%. В ходе эксперимента за одну неделю было переработано 224 кг рыбных отходов, средняя масса конечного продукта составила 13,9 кг, что подтверждает значительное уменьшение исходной массы в 16,1 раза и влажности в 37,5 раз при одновременном увеличении содержания сухого вещества в 3,4 раза. Это имеет огромное значение прежде всего для целей переработки данных отходов, а именно для уменьшения объёма перерабатываемой продукции. Кроме того, низкая влажность готового продукта обеспечивает длительность хранения и сохранность остальных компонентов готового сырья.

Химический анализ показал, что в готовом продукте по сравнению с исходным сырьём увеличилось содержание водорастворимых углеводов в 68 раз, доля сырого протеина на 1,92%, сырого жира на 1,5%.

Полученная биосмесь может использоваться как органическое удобрение или кормовая добавка после проведения соответствующих исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акиев М.Р. Биокомпостирование как эффективный метод подавления БГКП, *Pseudomonas aeruginosa* и *Enterococcus spp.* В органических субстратах. Молодежная наука: вызовы и перспективы: Материалы VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных: в 10 томах, Магеевка, 10 апреля 2025 года. Том 1. Магеевка: ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия». 2025: 10-14.
2. Акиев М.Р., Хоменко Р.М., Кныш И.В. Динамика численности молочнокислых микроорганизмов в процессе биокомпостирования органических отходов. Научное обеспечение животноводства Сибири: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Красноярск, 15–16 мая 2025 года. Красноярск: Красноярский научный центр СО РАН. 2025: 471-473.
3. ГОСТ 54951-2012 Корма для животных. Определение содержания влаги. М. Стандартинформ. 2013: 15 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293787/4293787666.pdf?ysclid=mpa2udc524170527077> (дата обращения: 10.04.2026).
4. ГОСТ 26176-2019 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизующих углеводов [Электронный ресурс]. М. Стандартинформ. 2019:16 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://>

docs.yandex.ru/docs/view?tm=1777213530&tld (дата обращения: 10.04.2026).

5. ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения сухого вещества. М. Стандартинформ. 2019:11 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293787/4293787414.pdf?ysclid=mofvrj6xw9514524276> (дата обращения: 10.04.2026).

6. ГОСТ 7636-85 Рыбы, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа [Электронный ресурс]. М. Стандартинформ. 2010: 87 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294822/4294822386.pdf?ysclid=mofvuuey36755298529> (дата обращения: 10.04.2026).

7. Миронов В.В. Экобиотехнологии переработки органических отходов. Техника и технологии в животноводстве. 2018;1 (29): 60-65.

8. Мягков А.П. Переработка биологических, пищевых и растительных отходов в кормовые продукты. Комбикорма. 2022;1:34-38.

9. Симейко А.В. Гигиена переработки биоотходов растительного и животного происхождения. Материалы 78-й Международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2024: 224-226.

10. Хоменко Р.М. Химический анализ компоста, полученного из органических растительных отходов с помощью биотермической установки. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023;4: 158-160. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.158

11. Хоменко Р.М., Александров В.В., Кныш И.В. Влияние биологически активного комплекса липосомальных кормовых добавок на рост и сохранность молодняка крупного рогатого скота. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2024;4:133-137. DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.4.133

REFERENCES

1. Akiev M.R. Biocomposting as an effective method for suppressing coliform bacteria, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterococcus spp.* in organic substrates. Youth Science: Challenges and Prospects: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists (in 10 volumes), Makeyevka, April 10, 2025. Volume 1. – Makeyevka: Donbass Agrarian Academy. 2025: 10–14. (in Russ)

2. Akiev M.R., Khomenko R.M., Knysh I.V. Population dynamics of lactic acid microorganisms during the biocomposting of organic waste. Scientific Support for Livestock Farming in Siberia: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, May 15–16, 2025. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Science Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (SB RAS). 2025: 471–473. (in Russ)

3. GOST 54951-2012 Animal feed. Determination of moisture content. Moscow: Standartinform. 2013: 15 p. [April 10, 2026] (in Russ) Access mode: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293787/4293787666.pdf?ysclid=mpa2udc524170527077>.

4. GOST 26176-2019 Feed and compound feed. Methods for determining soluble and easily hydrolyzable carbohydrates. Moscow: Standartinform. 2019: 16 p. [April 10, 2026] (in Russ) Access mode: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1777213530&tld>.

5. GOST 31640-2012 Animal feed. Methods for determination of dry matter. Moscow: Standartinform. 2019: 11 p. [April 10, 2026] (in Russ) Access mode: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293787/4293787414.pdf?ysclid=mofvrj6xw9514524276>

6. GOST 7636-85 Fish, marine mammals, marine invertebrates, and products of their processing. Methods of analysis Moscow: Standartinform. 2010: 87 p. [April 10, 2026] (in Russ) Access mode: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294822/4294822386.pdf?ysclid=mofvuuey36755298529>

7. Mironov V.V. Ecobiotechnologies for organic waste processing. Machinery and Technologies in Livestock Farming. 2018;1 (29): 60-65. (in Russ)

8. Myagkov A.P. Processing of biological, food, and plant waste into feed products. Compound Feeds. 2022;1:34-38. (in Russ)

9. Simeyko A.V. Hygiene of processing plant- and animal-derived bio-waste. Proceedings of the 78th International Scientific Conference of Young Scientists and Students of SPbGUVU. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 2024: 224–226. (in Russ)

10. Khomenko R.M. Chemical analysis of compost produced from organic plant waste using a biothermal unit. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2023;4: 158–160. (in Russ) DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.158

11. Khomenko R.M., Alexandrov V.V., Knysh I.V. Effect of a biologically active complex of liposomal feed additives on the growth and survival of young cattle. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2024;4: 133–137. (in Russ) DOI 10.52419/issn2782-6252.2024.4.133

Поступила в редакцию / Received: 18.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 17.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ЭКОЛОГО - ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДАХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

Александр Егорович Белопольский^{1✉}

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
1д-р ветеринар.наук, доц., e-mail: belopolskiy@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8566-2390

РЕФЕРАТ

В настоящее время резкий рост объема промышленного производства и сельского хозяйства, увеличение влияния антропогенного фактора, бесконтрольного потребления различных природных ресурсов привело к уничтожению среды обитания многих видов живых организмов. Постоянно усиливающееся токсическое, антропогенное воздействие на пресноводные водоёмы нашей страны может привести к появлению и развитию экологических проблем. Разнообразие загрязняющих веществ, поступающих сегодня в водные объекты, чрезвычайно велико, и с развитием химической промышленности, они постоянно пополняются новыми сложно комбинированными соединениями. Кроме перманентных сбросов химических и промышленных предприятий большую роль в загрязнении водных объектов солями тяжёлых металлов играет аэрогенный техногенно - трансформированный путь их поступления. Постоянно растущее повышение содержания загрязняющих веществ различного происхождения отрицательно влияет на биологический и химический состав большинства природных водоёмов, что приводит к сокращению запасов рыбы и моллюсков.

Ключевые слова: экология, загрязнения водоёмов, природные гидробионты, рыбоводческие предприятия, радионуклиды, соли тяжёлых металлов.

Для цитирования: Белопольский А.Е. Эколого - гигиеническая оценка содержания вредных веществ в водах рыбохозяйственного значения. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:170-173. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.170>

ECOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN WATERS OF FISHERY SIGNIFICANCE

Alexander Eg. Belopolsky^{1✉}

¹Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation
¹Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, e-mail: belopolskiy@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8566-2390

ABSTRACT

The current rapid expansion of industrial and agricultural production, coupled with the growing impact of human activity and the uncontrolled consumption of natural resources, has led to the destruction of habitats for many living organisms. The ever-increasing toxic and anthropogenic pressure on the country's freshwater bodies threatens to trigger a global environmental crisis. There is an immense variety of pollutants entering water bodies today, and the ongoing development of the chemical industry constantly introduces new, complex compound mixtures. In addition to direct discharges from chemical and industrial facilities, the atmospheric deposition of technogenically altered substances plays a significant role in contaminating water bodies with heavy metal salts. The steadily rising levels of pollutants from various sources adversely affect the biological and chemical composition of most natural water bodies, resulting in a decline in fish and mollusk populations.

Key words: ecology, water body pollution, aquatic organisms, fish farming facilities, radionuclides, heavy metal salts.

For citation: Belopolsky A.E. Ecological and hygienic assessment of the content of harmful substances in waters of fishery significance. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:170-173. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.170>

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня одной из основных проблем сельского хозяйства России является оценка качества природных вод и токсикологического воздействия на различные живые организмы. В настоящее время одной из важнейших задач в российских регионах является поддержание экологического состояния пресноводных водоёмов, как для рыбоводческих предприятий, так и для продовольственной безопасности страны в целом. Необходимость регулярных экологических исследований источников загрязнения и природы

их происхождения в пресноводных водоёмах обусловлена не только необходимостью создания безопасной среды обитания для рыбы, но и источников питьевой воды для человека. В настоящее время одну из ведущих позиций по степени опасности в воде, донных отложениях и атмосферных осадках занимают соли тяжёлых металлов, опережая такие загрязнители, как гербициды, пестициды, соединения серы и радионуклиды. Так, например высокие концентрации ртути вызывают тяжёлые формы отравления, поражение центральной нервной системы, паренхима-

тозных и других органов. Соли кадмия вызывают некробиотические изменения в жабрах, почках, печени, замедляют рост и развитие. Соединения свинца в высоких концентрациях вызывают нарушение обмена веществ и являются ингибиторами ферментов. При острых отравлениях рыб солями тяжелых металлов наблюдается нервно - паралитический синдром и нарушение дыхания, которое обусловлено дистрофическими и некробиотическими изменениями в тканях и поверхности кожи. Лидирующее место занимают деструктивные изменения жаберного аппарата и паренхиматозных органов, анемия и истощение рыб. Несвоевременное проведение обязательных природоохранных мероприятий, таких как утилизации различных отходов, очистка от солей тяжелых металлов и нефтепродуктов резко ухудшает качество воды и среды обитания различных гидробионтов, а способность гидробионтов к аккумуляции солей тяжелых металлов напрямую зависит от их видовых особенностей, содержания в воде и объектах питания. При эксплуатации пресноводных водоёмов необходимо учитывать тот факт, что благодаря перепадам температуры и химическим особенностям процессов самоочищения на мелководье протекает быстрее, чем в более глубоких местах, в связи с пониженными температурами и более медленным движением водных масс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования воды и рыбы проводились в рыбоводческом хозяйстве АО «КАЛА - РАНТА», Республика Карелия. Лахденпохский район, п. Отсанлахти. Хозяйство специализируется на разведении радужной форели в экосистеме Ладожского озера. Пробы воды отбирались согласно санитарным правилам и рекомендациям. Температура воды во время исследований варьировала от 9,7 до 19,3 градусов Цельсия, при среднемесячных значениях 11,5 градуса Цельсия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современные исследования водной экосистемы заключаются в комплексной оценке токсикологических показателей воды, донных отложений, качества рыбы как показателя качества среды обитания. Использование рыб как биологической модели для определения токсичности связано с чувствительностью к токсинам и способностью их аккумуляции в тропных органах и тканях с последующей возможностью проведения патоморфологических исследований. Соли тяжё-

лых металлов всасываются через кровоток с поверхности кожи рыбы и накапливаются в различных органах и тканях. Тяжелые металлы благодаря метаболизму рыбы и химическим реакциям соединяются с белками и накапливаются в печени, а если их количество превышает связывающую способность белков, то они в дальнейшем аккумулируются уже небелковыми соединениями. Время и скорость такой аккумуляции зависит от температурного режима, pH, солёности и жесткости воды, продолжительности контакта, динамики пищевой реакции, размеров тела, возраста и пола. При проведении наших исследований пользовались принятыми санитарными нормами качества воды объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативами предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения. Определение солей тяжелых металлов проводилось в соответствии с нормативными документами Минсельхоза России. Результаты исследований воды на содержание солей тяжёлых металлов и радионуклидов представлены в таблице 1.

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что в воде водоёмов рыбоводческого хозяйства АО «КАЛА - РАНТА» уровень солей тяжелых металлов и радионуклидов находится в пределах допустимых норм, что может указывать на компенсаторные процессы биогеоценоза данного водоёма, а также активность гидрохимических процессов на проверяемых водоёмах. Следует также учитывать, что массовое развитие водных растений и фитопланктона в тёплый период года, способствует выводу тяжёлых металлов и радионуклидов из водной среды.

Среди большинства водных организмов способных аккумулировать загрязняющие вещества, пальма первенства достаётся рыбам, так как протекающие у них патологические процессы проявляются, так же как и у млекопитающих животных. У рыб есть выраженная возрастная и видовая чувствительность к основным видам загрязнения водоёмов, они обладают способностью аккумулировать в себе данные об изменении состояния окружающей водной среды за долгий период времени при различных видах токсикоза. Для разных видов гидробионтов токсичность отдельных загрязняющих соединений сильно варьируется и неодинакова. Регулярное исследование рыбной продукции даёт представление о

Таблица 1. Содержание тяжёлых металлов и радионуклидов в воде рыбоводческого хозяйства АО «КАЛА - РАНТА».

Table 1. Content of heavy metals and radionuclides in the water of the KALA-RANTA JSC fish farm.

Показатель, единицы измерения	Предельно допустимая концентрация	Результаты испытаний
Алюминий, мг/дм ³	Не более 0,4	0,01
Кадмий, мг/л	Не более 0,005	Не обнаружено
Мышьяк, мг/л	Не более 0,01	0,01
Нефтепродукты мг/дм ³	Не более 0,05	0,005
Никель, мг/дм ³	Не более 0,01	0,001
Нитрит-ион, дм ³	Не более 3	0,002
Ртуть общая, мг/дм ³	Не более 0,0001	0,00005
Свинец, дм ³	Не более 0,01	0,001
Стронций, мг/кг	Не более 0,4	Не обнаружено
Цезий, мг/л	Не более 1,0	Не обнаружено

Таблица 2. Содержание тяжёлых металлов и радионуклидов в радужной форели рыбководческого хозяйства АО «КАЛА - РАНТА».

Table 2. Content of heavy metals and radionuclides in rainbow trout from the KALA-RANTA JSC fish

Показатель, ед. изм.	Предельно допустимая концентрация	Результаты испытаний
Массовая доля кадмия мг/кг	2,0	0,01
Массовая доля мышьяка мг/кг	10,0	0,08
Массовая доля свинца мг/кг	130,0	Не обнаружено
Ртуть мг/кг	2,1	0,013
Удельная активность стронция (Sr - 90) Бк/кг	-	Не обнаружено
Удельная активность цезия (Cs-137) Бк/кг	-	Не обнаружено

наличии загрязнений водоёма в целом и отдельных его акваториях. Для оценки качества и безопасности поступающей рыбной продукции рыбководческого хозяйства АО «КАЛА - РАНТА», применялись нормы содержания тяжелых металлов согласно СанПиН 2.3.2.1078–01. Содержания тяжёлых металлов и радионуклидов в радужной форели хозяйства представлены в таблице 2.

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что в радужной форели рыбководческого хозяйства АО «КАЛА - РАНТА» уровень солей тяжелых металлов и радионуклидов находится в пределах предельно допустимых концентраций, либо не обнаруживается. Сегодня главным отрицательным фактором воздействия на основные виды рыб в рыбководческих хозяйствах являются находящиеся в воде соли тяжелых металлов, на разных стадиях развития организм рыб проявляет различный уровень патологий и чувствительности к их токсическому воздействию. Развитие патологических процессов в органах и тканях у рыб начинается с нарушения кровоснабжения, некрозов, повреждения стенок кровеносных сосудов в паренхиматозных органах, жаберной ткани, желудочно-кишечном тракте и гонадах. Высокое содержание тяжелых металлов разрушает ихтиофауну естественных водоёмов, вызывая загрязнения среды обитания рыб, их нерестилищ и как следствие снижение естественного воспроизводства с ярко выраженным снижением упитанности и дальнейшей деформацией тела рыб. Наиболее неблагоприятным, для ихтиофауны водоёмов считается весенний период, что обусловлено ослаблением состояния рыб после зимовки, повышенным поступлением с талыми водами с полей различных минеральных и органических загрязняющих соединений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с наличием в пресноводных водоёмах наших промышленных регионов значительного

количества загрязняющих веществ экологический контроль качества таких вод крайне сложен, постоянно необходимо учитывать, что различные токсические вещества в водоёме могут образовывать сложные комбинированные соединения. Под воздействием факторов окружающей среды происходит их трансформация, деградация, действие продуктов распада и т.д. В качестве биоиндикаторных моделей могут быть использованы различные организмы водной биоты: рыбы, моллюски, водная растительность и др. Эколого - токсикологические исследования позволяют сделать вывод, что причиной токсического действия может быть большой набор реакций внутри экосистемы таких например как снижение функции воспроизводства у рыб, нарушение обычных мест нагула и нереста, изменение структуры и статуса водоёма рыбководческих хозяйств. В тёплые периоды года на фоне повышенного потребления кислорода у рыб в воде повышается концентрация солей тяжёлых металлов, что может вызвать тяжёлые патологоанатомические изменения, такие как нарушение проницаемости биологических мембран, с дальнейшим угнетением активности ферментов, нарушение микробиоза, усвоения кормов, иммунодепрессии в организме гидробионтов. Для снижения негативного влияния различных загрязнителей водоёмов необходимо применять большой комплекс экологических и организационных мероприятий; таких как обустройство современных очистных сооружений, на промышленных предприятиях и в населенных пунктах, расположенных по берегам водоёмов, установка зон зелёных насаждений вдоль берегов водоёмов, способных задерживать осадки и снижать сток загрязняющих веществ в воду, повышение экономического потенциала рыбководческих предприятий путём воспроизводства более ценных пород рыб и использование полноценного посадочного материала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барбашова М.А. Макробентос как индикатор состояния озера. Санкт-Петербург. Нестор История. 2013:355–358.
2. Борисов М.Я. Миграция тяжелых металлов в системе оз. Воже и их накопление в рыбе. Экологическое состояние континентальных водоемов северных территорий. Санкт-Петербург. 2005:248–257.
3. Голованова И.Л., Урванцева Г.А. Влияние свинца на активность гликозидаз слизистой оболочки кишечника рыб. Труды КНЦ РАН. 2014;5:195-199.
4. Головатый С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах. Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии. 2002: 239 с.
5. Карпенко Л.Ю., Бахта А.А., Полистовская П.А. и др. Роль слизивания кишечного эпителия в проявлении отравления рыб свинцом и кадмием. СПбГАВМ. Санкт-Петербург. 2018:43-45.
6. Комов В.Т. Причины и последствия антропогенного закисления озер. Нижний Новгород: Вектор ТиС. 2007: 112 с.
7. Коновалов Ю.Д. Реакция белоксинтезирующей системы рыб на наличие в их организме катионов ртути, кадмия, меди и цинка. Гидробиол. журн. 2001; 37(1): 95-10
8. Кузьмина В.В. Физиология питания рыб. Влияние внешних и внутренних факторов. Борок: ИБВВ РАН. 2008: 276 с.

9. Моисеенко Т.И. Экоотоксикологический подход к оценке качества вод. Водные ресурсы. 2005;32(4):410–424.
10. Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов. отв. ред. И.С. Трифонова. Санкт-Петербург. 2006: 130 с.
11. Распопов И.М. Видовое и ценотическое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в литоральной зоне Ладожского озера. Ладога. Санкт-Петербург Нестор-История. 2013: 241–253.
12. Родионова Н.В. О видовом составе зоопланктона Ладожского озера. Литоральная зона Ладожского озера. Санкт-Петербург. Нестор-История. 2011: 156–170
13. Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Озера европейской части России. ФГБУН Ин-т озераведения РАН. Санкт-Петербург. 2015: 389 с.
14. Семенов В.В., Перевозников М.А., Ивахнюк С.Г. Химическое загрязнение поверхностных водоемов России. Санкт-Петербург. 2014: 254 с.

REFERENCES

1. Barbashova M.A. Macrobenthos as an indicator of lake condition. St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2013:355–358. (in Russ)
2. Borisov M.Ya. Migration of heavy metals in the Lake Vozhe system and their accumulation in fish. Ecological state of continental water bodies in northern territories. St. Petersburg; 2005:248–257. (in Russ)
3. Golovanova I.L., Urvantseva G.A. Effect of lead on glycosidase activity in the intestinal mucosa of fish. Proceedings of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (KSC RAS). 2014;5:195–199. (in Russ)
4. Golovaty S.E. Heavy metals in agroecosystems. Minsk: Institute of Soil Science and Agrochemistry; 2002: 239 p. (in Russ)
5. Karpenko L.Yu., Bakhta A.A., Polistovskaya P.A., et al. Role of intestinal epithelial desquamation in the manifestation of lead and cadmium poisoning in fish. St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (SPbGAVM). St. Petersburg; 2018:43–45. (in Russ)
6. Komov V.T. Causes and consequences of anthropogenic lake acidification. Nizhny Novgorod: Vektor TiS; 2007: 112 p. (in Russ)
7. Konovalov Yu.D. Response of the fish protein-synthesizing system to the presence of mercury, cadmium, copper, and zinc cations in the organism. Hydrobiological Journal. 2001;37(1):95–104. (in Russ)
8. Kuzmina V.V. Physiology of fish nutrition: Influence of external and internal factors. Borok: I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences (IBV RAS). 2008: 276 p. (in Russ)
9. Moiseenko T.I. Ecotoxicological approach to water quality assessment. Water Resources. 2005;32(4):410–424. (in Russ)
10. Assessment of the ecological state of rivers in the Lake Ladoga basin based on hydrochemical indicators and the structure of hydrobiocenoses. Ed. I.S. Trifonova. St. Petersburg. 2006: 130 p. (in Russ)
11. Raspopov I.M. Species and coenotic diversity of higher aquatic and riparian plants in the littoral zone of Lake Ladoga. Ladoga. St. Petersburg: Nestor-Istoriya. 2013: 241–253. (in Russ)
12. Rodionova N.V. On the species composition of zooplankton in Lake Ladoga. The Littoral Zone of Lake Ladoga. St. Petersburg: Nestor-Istoriya. 2011: 156–170. (in Russ)
13. Rumyantsev V.A., Drabkova V.G., Izmailova A.V. Lakes of the European part of Russia. Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences. St. Petersburg. 2015: 389 p. (in Russ)
14. Semenov V.V., Perevoznikov M.A., Ivakhnyuk S.G. Chemical pollution of surface water bodies in Russia. St. Petersburg. 2014: 254 p. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 15.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АПИИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И ПАСТБИЩ**Александр Владимирович Ткачев^{1✉}, Светлана Петровна Вишнякова², Елена Александровна Кротова³, Ольга Леонидовна Ткачева⁴**^{1,2}*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Российская Федерация*^{1,3}*Российский университет дружбы народов, Российская Федерация*⁴*Медицинский колледж № 7, Российская Федерация*¹*д-р с.-х. наук, проф., e-mail: sasha_sashaola@mail.ru, orcid.org/0000-0002-7721-5742*²*д-р экон. наук, проф., orcid.org/0000-0002-0564-7626*³*канд. ветеринар. наук, доцент, orcid.org/0000-0003-1771-6091*⁴*канд. с.-х. наук, orcid.org/0000-0002-5573-6117***РЕФЕРАТ**

В современной агроэкологии известные методы экологического мониторинга характеризуются высокими затратами на оборудование, установку и обслуживание, а охватывают лишь небольшую часть измерений. Исходя из этого соображения, внимание экологов обращено на биоиндикацию. Поэтому в агроэкологии расширяется применение медоносных пчел для биоиндикации изменений окружающей среды и обеспечения устойчивости аграрных экосистем. Цель оценить возможность использования пчел для биоиндикации экологического загрязнения тяжелыми металлами посевных площадей и пастбищ используемых для производства продуктов питания для человека вблизи крупных федеральных трасс. Коэффициент перехода тяжелых металлов в агробιοценозах из почвы в медоносные растения Fe был наибольшим в Ростовской области, что на 0,02 больше Воронежской области, на 0,07 больше Луганской области, на 0,1 больше (P < 0,05) Белгородской области и на 0,13 больше (P < 0,05) чем в Курской области. Наиболее высокой интенсивностью попадания тяжелых металлов в мед в агробιοценозах обладал никель, наибольший коэффициент перехода (2,1) в мед был установлен в Воронежской области, а наименьший коэффициент перехода (0,19) наблюдался в Белгородской области. Наибольший коэффициент перехода (0,111) в мед свинца был установлен в агробιοценозах Луганской области. Наивысший коэффициент перехода (0,254) цинка в мед наблюдали в агробιοценозах Ростовской области. Интенсивность попадания (0,146) в мед меди была наибольшей в Белгородской области. Коэффициент перехода кадмия и железа в мед были наименьшими и колебались от 0,005 до 0,021 по кадмию и от 0,005 до 0,015 по железу.

Ключевые слова: апииндикация, экологический маркер, тяжелые металлы, медоносные растения, посевные площади.

Для цитирования: Ткачев А.В., Вишнякова С.П., Кротова Е.А., Ткачева О.Л. Биологическая апииндикация экологического загрязнения посевных площадей и пастбищ. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:174-180. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.174>

BIOLOGICAL BEE-BASED BIOINDICATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION OF CULTIVATED AREAS AND PASTURES**Aleksandr V. Tkachev^{1✉}, Svetlana P. Vishnyakova², Elena A. Krotova³, Olga L. Tkacheva⁴**^{1,2}*Financial University under the Government of the Russian Federation, Russian Federation*^{1,3}*RUDN University, Russian Federation*⁴*Medical College 7, Russian Federation*¹*Dr. of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: sasha_sashaola@mail.ru, orcid.org/0000-0002-7721-5742*²*Doctor of Economics. Professor, orcid.org/0000-0002-0564-7626*³*Candidate of Veterinary Sciences, Associate professor, orcid.org/0000-0003-1771-6091*⁴*Candidate of Agricultural Sciences, orcid.org/0000-0002-5573-6117***ABSTRACT**

In modern agroecology, well-known methods of environmental monitoring are characterized by high costs for equipment, installation and maintenance, and cover only a small part of the measurements. Based on this consideration, the attention of environmentalists is focused on bioindication. Therefore, the use of honey bees in agroecology is expanding to bioindicate environmental changes and ensure the sustainability of agricultural ecosystems. The aim is to evaluate the possibility of using bees for bioindication of environmental pollution with heavy metals of cultivated areas and pastures used for human food production near major federal highways. The coefficient of transition of heavy metals in agrobiocenoses from soil to honey plants Fe was highest in the Rostov region, which is 0.02 more than the Voronezh region, 0.07 more than the Lugansk region, 0.1 more (P < 0.05) Belgorod region and 0.13 more (P < 0.05) than in the Kursk region. Nickel had the highest rate of ingestion of heavy metals into honey in agrobiocenoses, the highest conversion rate (2.1) to honey was established in the Voronezh Region, and the lowest conversion rate (0.19) was observed in the Belgorod region. The highest conversion coefficient (0.111) of lead to honey was found in agrobiocenoses of the Luhansk

region. The highest conversion coefficient (0.254) of zinc to honey was observed in agrobiocenoses of the Rostov region. The intensity of copper ingestion (0.146) into honey was the highest in the Belgorod region. The conversion coefficients of cadmium and iron to honey were the lowest and ranged from 0.005 to 0.021 for cadmium and from 0.005 to 0.015 for iron.

Key words: identification, environmental marker, heavy metals, honey plants, acreage.

For citation: Tkachev A.V., Vishnyakova S.P., Krotova E.A., Tkacheva O.L. Biological bee-based bioindication of environmental pollution of cultivated areas and pastures. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:174-180. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.174>

ВВЕДЕНИЕ

В современной агроэкологии известные методы экологического мониторинга характеризуются высокими затратами на оборудование, установку и обслуживание, а охватывают лишь небольшую часть измерений. Исходя из этого соображения, внимание экологов обращено на биоиндикацию – часть системы мониторинга состояния окружающей природной среды, которая основывается на использовании живых организмов в качестве индикаторов для определения состояния окружающей природной среды. Организмы-биоиндикаторы реагируют на изменения в окружающей среде, отражая их качественные и количественные аспекты. В контексте агроэкологии, биоиндикация используется для определения экологической устойчивости, загрязненности и других изменений в аграрных экосистемах [1,2,3,4].

В результате растущей техногенной нагрузки на аграрные экосистемы неизбежно меняется экологическая ситуация в биоценозах, которые использовались для производства продуктов питания для человека. Очевидно, что это обусловило рост техногенного загрязнения на посевных площадях и возделываемых землях тяжелыми металлами. Как следствие, в аграрной сфере возникает необходимость фиксации уровня загрязнения тяжелыми металлами объектов окружающей природной среды на посевных площадях используемых для производства продуктов питания для человека, и разработки критериев и методов, которые могли бы отражать уровень техногенного воздействия с учетом комплексного характера загрязнения и осуществлять предварительное диагностирование изменений в наиболее чувствительных компонентах агроэкологии [5,6].

В последние годы как в качестве экологических биоиндикаторов расширяется использование конкретных видов или групп организмов, которые реагируют на изменения в окружающей природной среде. Эти организмы, в основном растения и насекомые, обладают специфическими биологическими свойствами, которые делают их чувствительными к определенным факторам или загрязнителям. Различные виды растений были предложены в качестве биоиндикаторов загрязнения тяжелыми металлами в трудах иностранных и отечественных ученых. Поскольку растения являются неподвижными организмами и занимают лишь небольшую площадь вокруг себя, поэтому все чаще учеными рассматриваются различные виды животных в качестве биоиндикаторов [7,8]. Животные, используемые в качестве биоиндикаторов химического загрязнения, должны иметь определенные характеристики. Например, высокую численность, интенсивный

обмен веществ, достаточно долгий жизненный цикл, быстрое размножение, ограниченный участок обитания, постоянный контакт с антропогенным фактором, доступность отбора материала для исследования, высокую чувствительность к фактору внешнего воздействия и достаточные размеры для анализа [9,10].

Учитывая важную роль пчел в поддержании функционирования экосистем как опылителей растений, их использование для биоиндикации становится необходимым для обеспечения устойчивых экологических практик. Именно поэтому исследование использования медоносных пчел в качестве биоиндикаторов в условиях чрезмерного загрязнения окружающей природной среды тяжелыми металлами, является чрезвычайно актуальным. Общая цель применения медоносных пчел в агроэкологии для биоиндикации заключается не только в выявлении изменений в качестве окружающей среды, но и в содействии разработке стратегий сохранения биоразнообразия и обеспечения устойчивости аграрных экосистем. В контексте биоиндикации медоносные пчелы не только обнаруживают изменения качества окружающей среды, но и получают результаты своих исследований используются для разработки стратегий сохранения биоразнообразия и обеспечения устойчивости экосистем [11,12].

Сегодня в агроэкологии нет достаточно обобщенного метода для мониторинга экосистемы при применении системы почва-растения-медоносы-пчелы-продукты пчеловодства (мед, обножка), для исследования состояния окружающей среды. Предложенные методические подходы биоиндикации дают возможность достоверно сделать прогноз содержания тяжелых металлов в почвах и растениях-медоносах без применения сложного лабораторного оборудования и удовлетворить производственные потребности при определении качественных показателей меда и обножки пчелиной. Известно, что биологические методы тестирования помогают диагностировать негативные изменения в окружающей среде при низких концентрациях загрязнителей, но методические подходы в плане практической реализации требуют дальнейшей конкретизации [13,14,15].

Цель исследования: оценить возможность использования пчел для биоиндикации экологического загрязнения тяжелыми металлами посевных площадей и пастбищ используемых для производства продуктов питания для человека вблизи крупных федеральных трасс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили с 2024 по 2026 годы в Луганской, Ростовской, Воронежской, Белгородской и Курской областях России вдоль круп-

ных федеральных трасс. Отбор образцов осуществляли на 10-ти пасеках в районах, прилегающих к посевным площадям и пастбищам вдоль крупных федеральных трасс. Выбор расположения контрольных пасек осуществлялся с учетом того, что активный радиус лета пчел составляет в среднем 2-3 км. Пасеки были расположены на расстоянии более 5 км от автодорог с интенсивным движением. Условия содержания пасек и технология производства продуктов пчеловодства на всех пасеках были максимально близкими.

Объектами исследования служили почвы, растения-медоносы, пчелы и продукты пчеловодства (мед, обножка) на агроэкосистемах Луганской, Ростовской, Воронежской, Белгородской и Курской областях, прилегающих к посевным площадям и пастбищам вдоль крупных федеральных трасс. Во время проведения исследований учитывали состояние пчелиных семей: сила и количество запечатанного расплода. Первичная токсикологическая оценка состояния пчел осуществляли путем анализа их поведения при учете реакции на гибель их личинок и расплода. Для токсикологических исследований состояния аграрных земель отбирали образцы почвы, образцы растений-медоносов, образцы обножки пчел, образцы меда и самих пчел. Экологический мониторинг проводился на 10 пасеках, расположенных вблизи посевных площадей и пастбищ в течение 2024 – 2026 годов в мае, в июле и в августе. Для экологического мониторинга состояния агроэкосистем было отобрано по 40 образцов почв с посевных площадей, пастбищ и растений с них.

Отбор образцов почв в агроэкосистемах прилегающих к посевным площадям и пастбищам осуществляли по ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб». Отбор образцов растений осуществляли по ГОСТ 12430-2019 «Карантин растений. Методы и нормы отбора образцов подкарантинной продукции при карантинном фитосанитарном досмотре и лабораторных исследованиях». Определение тяжелых металлов осуществляли по ГОСТ 17319-2019 «Реактивы. Методы определения примеси тяжелых металлов». В образцах почвы определяли содержание подвижных форм Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Химический анализ почвы проводили в соответствии с действующими стандартами по каждому компоненту. Для анализа медоносных растений на содержание ВМ отбирали их надземную часть. Растения сушили в затененном месте до постоянного веса. Подготовку проб проводили методом сухой минерализации и способа кислотной экстракции проб для дальнейшего определения в них Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni.

Отбор проб пыльцы для токсикологических исследований осуществляли по ГОСТ 28887-2019 «Пыльцевая обножка. Технические условия» и высушивали при температуре 38-41°C до влажности не более 12,5%.

Пробы меда для токсикологических исследований отбирали из рамок ульев размером 5 на 5 см, после мед фильтровали через стерильную

марлю и упаковывали с соблюдением требований стерильности в стерильные стеклянные банки и хранили образцы при температуре до плюс 5°C.

Отбор живых пчел для токсикологических исследований осуществляли в мае, в июле, в августе по 30-35 пчел из трех ульев и помещали их в фармакологическую морозильную камеру при минус 20°C. Перед токсикологическими исследованиями замороженных пчел высушивали при плюс 105 °C до постоянного веса и затем проводили гомогенизацию высушенных пчел.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований. В современной агроэкологии для определения загрязнения продукции тяжелыми металлами необходимо обращать особое внимание на расположение неподалеку экологически опасных объектов (склады агрохимикатов, заводы, автодороги с постоянным движением автотранспорта, карьеры и т.д.), то есть источники постоянного антропогенного давления на окружающую среду.

В условиях растущей техногенной нагрузки на агробиоценозы более приемлем принцип метода биоиндикации и прогноза содержания тяжелых металлов в агробиоценозах заключается в проведении расчетов концентрации токсикантов, наблюдения поведения паттернов пчелиных семей, контроль перехода тяжелых металлов по пути от растений до конечного пищевого продукта. Для этого проводят определение содержания тяжелых металлов в образцах пчел, меда и обножки пчелиной.

По методу биоиндикации для оперативного прогноза содержания тяжелых металлов в почве и растениях-медоносах, который заключается в использовании средних значений показателей коэффициентов перехода токсикантов в системе почва - растение-медонос - пчела - продукты пчеловодства (мед, обножка пчелиная). Расчет коэффициентов перехода (КП) тяжелых металлов проводили в несколько этапов:

- 1 этап - система почва-растение-медонос;
- 2 этап - система растение-медонос-пчелы;
- 3 этап - система пчелы-обножка;
- 4 этап - система пчелы-мед;
- 5 этап - система грунт-обножка.

Коэффициенты перехода грунт-растение тяжелых металлов из почвы к медоносным растениям представлено в таблице 1.

Анализ показателей коэффициентов перехода тяжелых металлов из почвы в медоносные растения свидетельствует о высоких кумулятивных свойствах растений по накоплению в них всех исследуемых тяжелых металлов. Самые высокие коэффициенты перехода тяжелых металлов из почвы к растениям получены для Cd, Cu, Zn. Коэффициент перехода тяжелых металлов в агробиоценозах из почвы в медоносные растения Fe был наибольшим в Ростовской области, что на 0,02 больше Воронежской области, на 0,07 больше Луганской области, на 0,1 больше (P < 0,05) Белгородской области и на 0,13 больше (P < 0,05) чем в Курской области.

Коэффициент перехода Cd из почвы в медоносные растения был наибольшим на агроэко-

стемах Ростовской области, что на 0,03 больше от растений в Луганской области, на 0,11 больше ($P < 0,05$) Воронежской области, на 0,19 больше ($P < 0,05$) Белгородской области и на 0,21 больше ($P < 0,05$) чем в Курской области. Движение тяжелого металла Cu из почвы в медоносные растения было наибольшим в агробиоценозах Луганской области, что на 0,05 больше чем в Ростовской области, на 0,07 больше Воронежской области, на 0,14 больше Курской области и на 0,16 больше ($P < 0,05$) Белгородской области.

Интенсивность перехода Ni из почвы в медоносные растения было наименьшим из исследуемых тяжелых металлов и составил по агробиоценозам Воронежской области 0,49, что на 0,14 больше Ростовской области, на 0,18 больше Луганской области, на 0,23 больше Белгородской области и на 0,27 больше агробиоценозов Курской области. Коэффициент перехода Pb из почвы в медоносные растения был наибольшим на агроэкосистемах Курской области, что на 0,03 больше от растений в Ростовской области, на 0,05 больше Луганской области, на 0,17 больше ($P < 0,05$) Белгородской области и на 0,22 больше ($P < 0,05$) Воронежской области. Коэффициент перехода Zn из почвы в медоносные растения был наибольшим на агроэкосистемах Ростовской области, что на 0,17 больше от растений в Белгородской области, на 0,23 больше Воронежской области, на 0,35 больше ($P < 0,05$) Курской области и на 0,46 больше ($P < 0,05$) Луганской области.

На следующем этапе исследования проводили оценку коэффициентов перехода тяжелых металлов на агробиоценозах из медоносных растений в организм пчел (табл. 2).

Таблица 1. Коэффициенты перехода тяжелых металлов из почвы в медоносные растения ($M \pm m$, $n=40$)
Table 1. Conversion coefficients of heavy metals from soil to honey plants ($M \pm m$, $n=40$)

Область	Коэффициент перехода тяжелых металлов					
	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Ростовская	0,48	0,62	0,68	0,35	0,38	0,68
Луганская	0,41	0,59	0,73	0,31	0,36	0,22
Воронежская	0,46	0,51	0,61	0,49	0,19	0,45
Белгородская	0,38	0,43	0,52	0,26	0,24	0,51
Курская	0,35	0,42	0,54	0,22	0,41	0,33

Таблица 2. Коэффициенты перехода тяжелых металлов из медоносных растений в организм пчел ($M \pm m$, $n=40$)

Table 2. Conversion coefficients of heavy metals from honey plants to bees ($M \pm m$, $n=40$)

Область	Коэффициент перехода тяжелых металлов					
	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Ростовская	1,42	6,49	2,32	0,15	2,21	3,69
Луганская	1,29	1,96	0,95	0,63	1,10	4,74
Воронежская	1,78	3,45	1,55	0,16	2,09	0,92
Белгородская	1,24	2,88	1,61	1,12	1,77	3,88
Курская	1,31	1,81	1,59	0,14	1,95	7,33

Таблица 3. Коэффициенты перехода тяжелых металлов из организма пчел в пчелиную обножку ($M \pm m$, $n=40$)

Table 3. Coefficients of the transfer of heavy metals from the body of bees to the bee colony ($M \pm m$, $n=40$)

Область	Коэффициент перехода тяжелых металлов					
	Fe	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Ростовская	0,06	0,26	0,64	0,15	0,11	0,12
Луганская	0,07	0,24	0,35	0,09	0,26	0,18
Воронежская	0,09	0,15	0,99	0,75	0,16	0,22
Белгородская	0,06	0,31	0,84	0,82	0,14	0,24
Курская	0,08	0,42	0,55	0,64	0,15	0,58

Анализ коэффициентов перехода тяжелых металлов из медоносных растений в организм пчел свидетельствует о высоких кумулятивных свойствах организма пчел по накоплению в них всех исследуемых тяжелых металлов. Наибольшее накопление железа наблюдалось в организме пчел на землях сельскохозяйственного назначения Воронежской области (коэффициент перехода 1,78). Кадмий (коэффициент перехода 6,49) и медь (коэффициент перехода 2,32) наиболее интенсивно аккумулировались в организме пчел агроэкосистемах Ростовской области. Никель наиболее интенсивно аккумулировался в организме пчел агроэкосистемах Белгородской области (коэффициент перехода 1,12). Свинец наиболее интенсивно аккумулировался в организме пчел Ростовской (коэффициент перехода 2,21) и Воронежской областей (коэффициент перехода 2,09). Цинк наиболее интенсивно аккумулировался в организме пчел на землях сельскохозяйственного назначения Курской области (коэффициент перехода 0,58).

На следующем этапе исследования нами проведен анализ коэффициентов перехода тяжелых металлов на агробиоценозах из организма пчел в пчелиную обножку. Полученные данные приведены в таблице 3.

Анализ коэффициентов перехода тяжелых металлов из организма пчел в пчелиную обножку свидетельствует о широкой вариабельности кумулятивных свойств пчелиной обножки в агроэкосистемах прилегающих к посевным площадям и пастбищам. Наибольшее накопление железа наблюдалось в пчелиной обножке на землях сельскохозяйственного назначения Воронежской

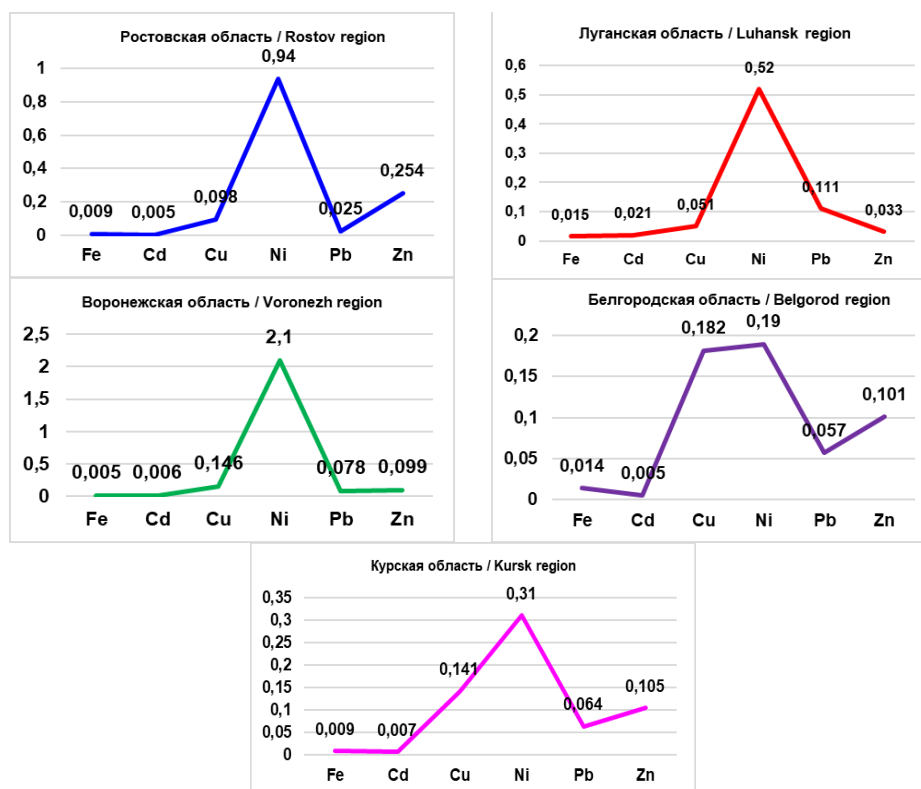


Рисунок 1. Коэффициенты перехода тяжелых металлов из организма пчел в мед.
Figure 1. Coefficients of the transition of heavy metals from the body of bees to honey.

области (коэффициент перехода 0,09). Кадмий (коэффициент перехода 0,42) наиболее интенсивно аккумулировались в пчелиной обножке агроэкосистем территорий Курской области. Медь (коэффициент перехода 0,99) наиболее интенсивно аккумулировались в пчелиной обножке агроэкосистем территорий Воронежской области. Никель наиболее интенсивно аккумулировался в пчелиной обножке агроэкосистем территорий Белгородской области (коэффициент перехода 0,82). Свинец наиболее интенсивно аккумулировался в пчелиной обножке Луганской области (коэффициент перехода 0,26). Цинк наиболее интенсивно аккумулировался в пчелиной обножке на землях сельскохозяйственного назначения Курской области (коэффициент перехода 7,33).

На следующем этапе исследования нами проведен анализ коэффициентов перехода тяжелых металлов на агробиоценозах из организма пчел в мед. Полученные данные приведены на рисунке.

Анализ рисунка позволяет заключить, что наиболее высокой интенсивностью попадания тяжелых металлов в мед в агробиоценозах обладал никель, наибольший коэффициент перехода (2,1) в мед был установлен в Воронежской области, а наименьший коэффициент перехода (0,19) наблюдался в Белгородской области. Наибольший коэффициент перехода (0,111) в мед свинца был установлен в агробиоценозах Луганской области. Наивысший коэффициент перехода (0,254) цинка в мед наблюдали в агробиоценозах территорий Ростовской области.

Интенсивность попадания (0,146) в мед меди была наибольшей в Белгородской области. Коэффициент перехода кадмия и железа в мед были

наименьшими и колебались от 0,005 до 0,021 по кадмию и от 0,005 до 0,015 по железу.

Обсуждение результатов. При использовании показателей коэффициентов перехода тяжелых металлов можно прогнозировать пределы загрязнения токсикантами определенного ареала экосистем [8,9]. Если концентрация тяжелых металлов в образцах меда и обножки с исследуемых земель сельскохозяйственного назначения не будет превышать предельно-допустимых концентраций, можно предположить, что дальнейшее содержание токсикантов в пищевых продуктах с этих земель не будет превышать нормативных показателей.

Таким образом, использование в агроэкологии рассчитанных коэффициентов дает возможность предусматривать уровни загрязнения токсикантами определенного ареала и проводить предварительный прогноз состояния земель сельскохозяйственного назначения по экологическому загрязнению тяжелыми металлами [13,14].

Подытоживая теоретические и практические аспекты апиомониторинга окружающей природной среды с использованием метода биоиндикации, следует обратить внимание на его преимущество по сравнению с существующими физико-химическими методами определения содержания тяжелых металлов в агробиоценозах. Особое значение биоиндикаторов заключается в том, что они отражают степень опасности загрязнения окружающей среды для всех живых организмов, в т. ч. для человека [9].

Биологическая апииндикация в агроэкологии предоставляет новые возможности в сфере оценки реального (предотвращенного) экологического ущерба в результате загрязнения посевных площа-

дей и пастбищ, а также в сфере обеспечения экологической безопасности и эколого-ориентированного развития агрокомплекса. Представляет интерес расширение исследований с использованием методического арсенала и результатов настоящей работы в интересах развития комплекса очистки загрязнений рек в тропической зоне, в частности, рек, загрязненных американскими вооруженными силами в период освободительной войны во Вьетнаме [16,17,18,19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана возможность использования пчел в биологической экспресс-оценке перехода тяжелых металлов из почвы в растения и продукты пчеловодства, которые могут быть использованы в пищу широким слоям населения вблизи крупных федеральных трасс. Установлено, что самые высокие коэффициенты перехода тяжелых металлов из почвы к растениям получены для Cd, Cu, Zn. Коэффициент перехода тяжелых металлов в агробиоценозах из почвы в медоносные растения Fe был наибольшим в Ростовской области, что на 0,02 больше Воронежской области, на 0,07 больше Луганской области, на 0,1 больше ($P < 0,05$) Белгородской области и на 0,13 больше ($P < 0,05$) чем в Курской области. Наибольшее накопление железа наблюдалось в организме пчел на землях сельскохозяйственного назначения Воронежской области (коэффициент перехода 1,78). Кадмий (коэффициент перехода 6,49) и

медь (коэффициент перехода 2,32) наиболее интенсивно аккумулировались в организме пчел агроэкосистем территорий Ростовской области. Никель наиболее интенсивно аккумулировалась в организме пчел в агроэкосистемах Белгородской области (коэффициент перехода 1,12). Свинец наиболее интенсивно аккумулировался в организме пчел Ростовской (коэффициент перехода 2,21) и Воронежской областей (коэффициент перехода 2,09). Цинк наиболее интенсивно аккумулировался в организме пчел на землях сельскохозяйственного назначения Курской области (коэффициент перехода 7,33). Наиболее высокой интенсивностью попадания тяжелых металлов в мед в агробиоценозах обладал никель, наибольший коэффициент перехода (2,1) в мед был установлен в Воронежской области, а наименьший коэффициент перехода (0,19) наблюдался в Белгородской области. Наибольший коэффициент перехода (0,111) в мед свинца был установлен в агробиоценозах Луганской области. Наивысший коэффициент перехода (0,254) цинка в мед наблюдали в агробиоценозах территорий Ростовской области. Интенсивность попадания (0,146) в мед меди была наибольшей в Белгородской области. Коэффициент перехода кадмия и железа в мед были наименьшими и колебались от 0,005 до 0,021 по кадмию и от 0,005 до 0,015 по железу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалева И.П., Вобляя И.Н., Заярная И.А. и др. Актуальные тенденции развития здравоохранения. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2026;34(1):5-11. DOI 10.32687/0869-866X-2026-34-1-5-11
2. Бурак Л.Ч., Ермошина Т.В., Королева Л.П. Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски. Экология и промышленность России. 2023;27(5):58-63. DOI 10.18412/1816-0395-2023-5-58-63
3. Рубан-Лазарева Н.В. Технологическое лидерство как фактор устойчивого развития АПК. АПК: экономика, управление. 2026;3:31-40. DOI 10.33305/263-31
4. Каширская Л.В. Пищевой аудит в сельском хозяйстве. Международный сельскохозяйственный журнал. 2026;1(410):57-60. DOI 10.55186/25876740_2026_69_1_57
5. Zaitseva N.A., Larionova A.A., Oboimova N.T. et al. Ecological safety of real estate objects: Problems and solutions. Ekoloji. 2019;28(107):5055-5058
6. Спицына А.О., Ткачева Н.И., Клименко П.А., Стекачев В.И. Оценка влияния экономических санкций на состояние аграрного бизнеса в России. Международный сельскохозяйственный журнал. 2026;2(411):191-195. DOI 10.55186/25876740_2026_69_2_191
7. Шахрамьян М.А., Акимов В.А., Козлов К.А. Субъекты Сибирского региона: опасности природного, техногенного и экологического характера. Экология и промышленность России. 2005;1:4-8.
8. Штерман С.В., Сидоренко Ю.И., Качак В.В. и др. Обобщенная методика прогнозирования сроков длительного хранения пищевых продуктов. Пищевая промышленность. 2014;5:24-28.
9. Ластков Д.О., Дубовая А.В., Ежелева М.И. и др. Об информативности биомаркеров как индикаторов влияния тяжелых металлов на здоровье подростков. Вестник гигиены и эпидемиологии. 2022;26(3):225-231.
10. Климова Е.В. Актуальные проблемы агроэкологии на техногенно-загрязненных сельскохозяйственных угодьях. Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2004;2:304.
11. Агроэкология кормовой базы животноводства. Загрязнение тяжелыми металлами зерновых культур и растительности лугов и пастбищ на полях. Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2009;3:615.
12. Дрозд Г.Я., Верех-Белоусова Е.И. Изменение экологической обстановки регионов Донбасса вследствие военных действий. Траектория исследований — человек, природа, технологии. 2024;1(9):36-50. DOI: 10.56564/27825264_2024_1_36
13. Кожухметов С.К. Экологические проблемы военной деятельности государства. Интернаука. 2026;14-4(425):11-14.
14. Дрозд Г.Я. Количественная оценка физической деградации почв вследствие военных действий в зоне проведения специальной военной операции. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2023;12(78):42-50.
15. Митрофанов В.А., Бакалова А.Д. Особенности влияния окружающей среды на население экокризисного региона в условиях локального военного конфликта: оценка, прогноз, профилактика. СТУДЕНТ года 2021: Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса в 6-ти частях, Петрозаводск, 19 мая 2021 года. Том Часть 3. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021:183-192.
16. Киселева С.П. Экологическая безопасность инновационного развития. Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2013: 312. ISBN 978-5-91253-476-8.
17. Ву Х.Т.Т., Киселева С.П. Анализ влияния производственных факторов на эколого-экономическую эффективность сельского хозяйства в дельте Красной реки (Вьетнам). Вестник евразийской науки. 2019;11(1):10.

18. Хьонг В.Т.Т., Киселева С.П., Фам В.В. Высокие технологии в сельском хозяйстве в дельте реки Красной во Вьетнаме в условиях инновационного развития. Вестник университета. 2019;11:49-56. DOI 10.26425/1816-4277-2019-11-49-56
19. Вишняков Я.Д., Киселева С.П., Маколова Л.В. и др. Эколого-ориентированное развитие предприятий агропромышленного комплекса и опережающая подготовка кадров в области агроэкологического менеджмента. Управление. 2019;7(2):24-32. DOI 10.26425/2309-3633-2019-2-24-32

REFERENCES

1. Kovaleva I.P., Voblaya I.N., Zayarnaya I.A. et al. Current trends in healthcare development. Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2026;34(1):5-11. (in Russ) DOI 10.32687/0869-866X-2026-34-1-5-11
2. Burak L.Ch., Ermoshina T.V., Koroleva L.P. Soil environment contamination with microplastics: influencing factors and environmental risks. Ecology and Industry of Russia. 2023;27(5):58-63. (in Russ) DOI 10.18412/1816-0395-2023-5-58-63
3. Ruban-Lazareva N.V. Technological leadership as a factor in the sustainable development of the agro-industrial complex. Agro-Industrial Complex: Economics, Management. 2026;3:31-40. (in Russ) DOI 10.33305/263-31
4. Kashirskaya L.V. Food audit in agriculture. International Agricultural Journal. 2026;1(410):57-60. (in Russ) DOI 10.55186/25876740_2026_69_1_57
5. Zaitseva N.A., Larionova A.A., Oboimova N.T. et al. Ecological safety of real estate objects: Problems and solutions. Ekoloji. 2019;28(107):5055-5058
6. Spitsyna A.O., Tkacheva N.I., Klimenko P.A., Stekachev V.I. Assessment of the impact of economic sanctions on the state of the agricultural business in Russia. International Agricultural Journal. 2026;2(411):191-195. (in Russ) DOI 10.55186/25876740_2026_69_2_191
7. Shakhramanyan M.A., Akimov V.A., Kozlov K.A. Subjects of the Siberian region: natural, technogenic, and environmental hazards. Ecology and Industry of Russia. 2005;1:4-8. (in Russ)
8. Shterman S.V., Sidorenko Yu.I., Kachak V.V. et al. Generalized methodology for predicting long-term food storage periods. Food Industry. 2014;5:24-28. (in Russ)
9. Lastkov D.O., Dubovaya A.V., Ezheleva M.I. et al. On the informativeness of biomarkers as indicators of the impact of heavy metals on adolescent health. Bulletin of Hygiene and Epidemiology. 2022;26(3):225-231. (in Russ)
10. Klimova E.V. Current issues of agroecology on technogenically contaminated agricultural lands. Environmental Safety in the Agro-Industrial Complex. Abstract Journal. 2004;2:304. (in Russ)
11. Agroecology of the livestock feed base. Heavy metal contamination of grain crops and meadow/pasture vegetation on polders. Environmental Safety in the Agro-Industrial Complex. Abstract Journal. 2009;3:615. (in Russ)
12. Drozd G.Ya., Verekh-Belousova E.I. Changes in the environmental situation in the Donbas regions due to military operations. Research Trajectory: Human, Nature, Technology. 2024;1(9):36-50. (in Russ) DOI: 10.56564/27825264_2024_1_36
13. Kozhakhmetov S.K. Environmental problems associated with state military activities. Internauka. 2026;14-4(425):11-14. (in Russ)
14. Drozd G.Ya. Quantitative assessment of physical soil degradation resulting from military operations in the special military operation zone. Bulletin of the Vladimir Dahl Lugansk State University. 2023;12(78):42-50. (in Russ)
15. Mitrofanov V.A., Bakalova A.D. Specifics of environmental impact on the population of an eco-crisis region amidst a local military conflict: assessment, forecasting, and prevention. Student of the Year 2021: Collection of Articles from the International Educational and Research Competition (in 6 parts), Petrozavodsk, May 19, 2021. Part 3. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science", 2021:183-192. (in Russ)
16. Kiseleva S.P. Environmental safety of innovative development. Tambov: R.V. Pershin Publishing House, 2013: 312. ISBN 978-5-91253-476-8. (in Russ)
17. Vu H.T.T., Kiseleva S.P. Analysis of the impact of production factors on the eco-economic efficiency of agriculture in the Red River Delta (Vietnam). Bulletin of Eurasian Science. 2019;11(1):10. (in Russ)
18. Huong V.T.T., Kiseleva S.P., Pham V.V. High technologies in agriculture in the Red River Delta, Vietnam, amidst innovative development. Vestnik Universiteta. 2019;11:49-56. (in Russ) DOI 10.26425/1816-4277-2019-11-49-56
19. Vishnyakov Ya.D., Kiseleva S.P., Makolova L.V. et al. Environmentally oriented development of agro-industrial enterprises and proactive personnel training in agro-ecological management. Upravlenie. 2019;7(2):24-32. (in Russ) DOI 10.26425/2309-3633-2019-2-24-32

Поступила в редакцию / Received: 10.08.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 17.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И ФИЛОГЕОГРАФИЯ ЖИЛЫХ ФОРМ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА *SALVELINUS ALPINUS* (L.): ОТ НЕЙТРАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ К ЛАНДШАФТНОЙ ГЕНОМИКЕ

Владислав Сергеевич Ежков^{1✉}, Евгений Александрович Костромин², Кирилл Владимирович Племяшов³,
Анна Алексеевна Крутикова⁴

^{1,2,3,4} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹ Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства — филиал ФГБУ «Главрыбвод», Российская Федерация

¹ аспирант кафедры аквакультуры и болезней рыб, научный сотрудник лаборатории селекции рыб, email:

ezhkov.vladislav.2000@mail.ru, orcid.org/0009-0002-2057-2199

² канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры и болезней рыб, orcid.org/0000-0002-1242-8392

³ д-р ветеринар. наук, проф., член-корр. РАН, ректор, orcid.org/0000-0002-3658-5886

⁴ канд. биол. наук, доцент кафедры генетических и репродуктивных биотехнологий, orcid.org/0000-0003-2561-145X

РЕФЕРАТ

В обзоре рассмотрена популяционно-генетическая структура и филогеография жилых (резидентных) форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.). Прослежен выбор методических подходов, таких как аллозимный анализ, секвенирование митохондриальной ДНК, микросателлитные локусы, SNP-чипы и полногеномное ресеквенирование. Отмечено, что жилые озерные популяции независимо от географического положения характеризуются высокой межпопуляционной дифференциацией, ограниченным потоком генов, малыми эффективными размерами (N_e) и сниженным нейтральным разнообразием. Голарктическая структура вида описывается пятью эволюционными линиями мтДНК, связанными с расселением из разных плейстоценовых рефугиумов; при этом берингийская группа в классификации Brunner et al. (2001) образована особями *S. malma*, поэтому для *S. alpinus* следует говорить о четырех линиях. Обобщены отечественные данные по популяциям европейской части России, Сибири и Северо-Востока Азии. Также обсуждаются возможности ландшафтной геномики для разделения изоляций расстоянием и изоляции средой и возможности реконструкции демографической истории по полногеномным данным. Рассмотрено значение полученных оценок N_e для определения единиц охраны и для практики зарыбления.

Ключевые слова: арктический голец, *Salvelinus alpinus*, жилые формы, филогеография, митохондриальная ДНК, микросателлиты, SNP, эффективный размер популяции, изоляция расстоянием, ресеквенирование генома, охрана генофонда.

Для цитирования: Ежков В.С., Костромин Е.А., Племяшов К.В., Крутикова А.А. Популяционная генетика и филогеография жилых форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.): от нейтральных маркеров к ландшафтной геномике. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:181-185. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.181>

POPULATION GENETICS AND PHYLOGEOGRAPHY OF RESIDENT FORMS OF ARCTIC CHARR *SALVELINUS ALPINUS* (L.): FROM NEUTRAL MARKERS TO LANDSCAPE GENOMICS

Vladislav S. Ezhkov^{1✉}, Evgeny A. Kostromin², Kirill V. Plemyashov³, Anna A. Krutikova⁴

^{1,2,3,4} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹ Federal Selection and Genetic Centre for Fish Breeding — branch of FSBI Glavrybvod, Russian Federation

¹ Postgraduate Student, Department of Aquaculture and Fish Diseases; Researcher, Laboratory of Fish Breeding, email: ezhkov.vladislav.2000@mail.ru, orcid.org/0009-0002-2057-2199

² Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Aquaculture and Fish Diseases, orcid.org/0000-0002-1242-8392

³ Doctor of Veterinary Sciences, Prof., Corresponding Member of RAS, Rector, orcid.org/0000-0002-3658-5886

⁴ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, orcid.org/0000-0003-2561-145X

ABSTRACT

The review covers world and Russian studies of the population genetic structure and phylogeography of resident (landlocked) Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.), from allozyme analysis and mitochondrial DNA sequencing to microsatellite loci and whole-genome resequencing. Landlocked lake populations consistently show high inter-population differentiation, restricted gene flow, small effective population sizes and reduced neutral diversity. A clarification is made regarding Brunner et al. (2001): the Beringian mtDNA lineage in that classification consists entirely of *S. malma*, so four lineages should be recognised for *S. alpinus* sensu stricto. The frequently simplified statement that N_e below 50 causes loss of heterozygosity within two or three generations is corrected: at $N_e = 50$ the inbreeding rate is about 1 % per generation and the consequences accumulate over five to ten generations. Russian data for European Russia, Siberia and North-East Asia are summarised. The potential of landscape genomics, isolation-by-environment analysis and demographic reconstruction by PSMC is

discussed. The results are directly relevant to the definition of conservation units and to stocking practice.

Key words: Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, resident forms, phylogeography, mitochondrial DNA, microsatellites, SNP, effective population size, isolation by distance, genome resequencing, gene pool conservation.

For citation: Ezhkov V.S., Kostromin E.A., Plemashov K.V., Krutikova A.A. Population genetics and phylogeography of resident forms of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): from neutral markers to landscape genomics. Legal regulation in veterinary medicine. . 2026;3:181-185. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.181>

ВВЕДЕНИЕ

Арктический голец *Salvelinus alpinus* (L.) занимает циркумполярный ареал, охватывающий пресные воды Арктики и Субарктики, а также изолированные горные и субальпийские озера внутри материков. Вид известен широкой экологической амплитудой и быстрой морфологической дивергенцией на постгляциальном интервале времени. Популяции разных водоемов различаются по источнику вселения, интенсивности дрейфа генов и степени изоляции, что делает вид удобной моделью для изучения микроэволюционных процессов.

Жилые формы, постоянно обитающие в пресной воде, лишены большей части путей обмена генами, доступных анадромной форме. Их популяционно-генетические характеристики закономерно отличаются от характеристик проходных популяций. Так, например, их дифференциация высока даже на малых пространственных масштабах, нейтральная изменчивость снижена, роль дрейфа велика. Учет этих особенностей необходим и при интерпретации данных о формировании, и при разработке мер охраны.

В обзоре обобщен мировой и отечественный опыт изучения популяционной генетики и филогеографии жилых форм гольца на крупных пространственных масштабах по нейтральным маркерам. Внутроизерный полиморфизм и геномные механизмы адаптивной дивергенции симпатрических форм мы рассматриваем в отдельной публикации. Здесь рассматривается вопрос, как плейстоценовые оледенения, маршруты последникового расселения и физическая изоляция водоемов определили современную генетическую структуру жилых популяций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ научной литературы с использованием научной электронной библиотеки eLibrary, библиографической базы данных PubMed и поисковой системы Google Scholar. Поиск проводился по сочетаниям ключевых слов «*Salvelinus alpinus*», «арктический голец», «жилая форма», «landlocked», «phylogeography», «population structure», «microsatellites», «mitochondrial DNA», «effective population size», «whole-genome resequencing». В анализ включены публикации, содержащие первичные данные о популяционно-генетической структуре и филогеографии жилых и проходных популяций вида, а также методические работы по применяемым маркерным системам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эволюция методических подходов

Методы изучения популяционной генетики гольца за последние четыре десятилетия сменились несколько раз. Аллозимный анализ, истори-

чески первый подход, выявил у вида низкий уровень изменчивости, так средняя гетерозиготность в большинстве обследованных популяций не превышала 0,05. Разрешающей способности метода не хватало для разграничения близкородственных форм, и морфологическое разнообразие вида оставалось без генетического подтверждения. Мы полагаем, что ограниченность инструментария во многом объясняет, почему дискуссия о природе симпатрических форм гольца продолжалась несколько десятилетий.

Секвенирование митохондриальной ДНК, прежде всего контрольного региона, позволило сформировать современные филогеографические представления о виде. Микросателлитные маркеры дали более высокое разрешение на малых пространственных масштабах, было выявлено, что среднее число аллелей на локус у гольца нередко достигает 30 и более, ожидаемая гетерозиготность составляет 0,70—0,90 [3]. Высокоплотные SNP-чипы, в том числе чип Salp87k [2], и полногеномное ресеквенирование [10] позволяют разделять адаптивную и историческую составляющие дифференциации и реконструировать демографическую историю популяций.

При работе с данными, полученными на чипе Salp87k, необходимо учитывать Editorial Note от 4 июня 2024 г. к статье Nugent et al. [2], что в дизайне чипа использована геномная сборка, впоследствии определенная как вероятный гибрид *S. alpinus* × *S. malma*. Данные по исландским и канадским популяциям (Fraser, Nauyuk) подтверждены как чистый *S. alpinus*, тогда как результаты по группе Tree River требуют осторожной интерпретации. Сам чип не оговорен.

Голарктическая филогеография: пять эволюционных линий

Представления о филогеографии арктического гольца в масштабе всего ареала опираются на работу Brunner с соавт. [6]: 159 особей из 83 популяций Голарктики охарактеризованы по контрольному региону мтДНК, выявлено 63 гаплотипа, образующих пять монофилетических групп: атлантическую, сибирскую, берингийскую, арктическую и акадийскую. Иерархический AMOVA показал, что около 73,7 % изменчивости мтДНК приходится на межгрупповую компоненту при невысоком разнообразии внутри групп. Расхождение основных линий датируется ранним и средним плейстоценом, а заселение большей части современного ареала относится к позднему плейстоцену, 10—20 тыс. лет назад [6].

Авторы исходной работы оговаривают, но при цитировании нередко опускается обстоятельство, что берингийская группа в их классификации образована исключительно особями, отне-

сенными к *S. malma*. Для *S. alpinus sensu stricto* речь идет о четырех основных линиях мтДНК, берингийская линия принадлежит мальме внутри комплекса. Отсюда следует практический вывод, что обнаружение берингийских гаплотипов у гольцов конкретного водоема может указывать не на особый рефугиум *S. alpinus*, а на историческую интрогрессию от *S. malma*. Для работ по Северо-Востоку Сибири это различие существенно, поскольку от него зависит реконструкция маршрутов расселения.

Отметим еще одно важное наблюдение о том, что в Гренландии резидентные пресноводные популяции относятся к атлантической линии, а проходные являются представителями арктической линии [6]. Жилые популяции сохраняют генофонд той волны расселения, которая первой достигла водоема, тогда как проходная форма остается связанной с материнскими популяциями. По одной мтДНК разграничить эти сценарии удается не всегда, и здесь полногеномные данные дают существенно больше информации.

Наиболее полный материал по крупномасштабной популяционной генетике жилых форм получен для Северо-Западной Европы. Wilson с соавт. [7] исследовали 2367 особей из 43 озер Исландии, Британских островов и Скандинавии по шести микросателлитным локусам. Иерархический AMOVA не выявил устойчивой кластеризации популяций по географическим регионам, и межрегиональная составляющая изменчивости составила около 2,17 %. Авторы объясняют это единой атлантической постгляциальной колонизацией. Допустима и другая интерпретация, возможно сходный результат может возникнуть при нескольких независимых колонизациях из генетически близких источников. По шести микросателлитным локусам эти сценарии неразличимы, для их разграничения нужны полногеномные данные. Независимо от интерпретации, высокая дифференциация между отдельными озерами вне связи с расстоянием между ними воспроизводится во всех обследованных регионах, и резидентные популяции расходятся по независимым траекториям дрейфа с момента вселения.

Исследование шести жилых популяций Северной Фенноскандии по 15 микросателлитным локусам [1] уточнило эти закономерности. Глобальная оценка FST составила около 0,26, что соответствует высокой степени изоляции. Оценки Ne варьировали от 7 до 228 и коррелировали с историческим размером популяции, но не с площадью озера. Это наблюдение важно методически, поскольку площадь водоема, при всей ее доступности как показателя, плохо предсказывает Ne. В качестве предельного случая можно рассматривать популяцию пруда Leenanlampi (0,14 га, около 300 особей) с Ne около 7 и соотношением Ne/Nc около 0,02. При таком Ne темп инбридинга составляет примерно 7 % за поколение, и снижение гетерозиготности становится заметным уже через три-четыре поколения. Для природоохранной практики отсюда следует, что достаточная численность популяции сама по себе не защищает ее от генетической эрозии [1].

Материал по альпийским озерам Центральной Европы [5] дополняет картину данными об изоляции речными системами. Изменчивость мтДНК между популяциями трех речных систем (Рейн, Дунай, Рона) практически отсутствует, и большинство особей несет единый гаплотип, что говорит о единственной постгляциальной волне заселения. Микросателлиты при этом выявили выраженную иерархическую структуру, так около 18 % изменчивости приходится на различия между речными системами и еще около 19 % — между отдельными озерами. Нерестовые группировки Боденского и Женевского озер достоверно различаются по частотам аллелей, то есть соединяющие озера реки служат барьерами для потока генов, а не его путями. Этот результат предостерегает от предположения о генетической однородности физически связанных водоемов.

Отечественные исследования существенно расширили географию данных. Анализ последовательностей контрольного региона мтДНК у 25 популяций европейской части России и Сибири [8] показал преобладание гаплотипов атлантической и сибирской групп; граница между ними проходит примерно по Уральскому хребту. Гольцы с атлантическими гаплотипами встречаются в Карелии, на Кольском полуострове, Полярном Урале, Новой Земле и Таймыре; как правило, это проходные и молодые жилые популяции, возникшие в ходе постгляциального расселения вдоль бассейна Северного Ледовитого океана. Сибирские гаплотипы характерны для Забайкалья и горных верховьев Яны, Индигирки и Анабара. Гаплотипное разнообразие этой группы выше, что связывают либо с большей древностью популяционного комплекса, либо с меньшим влиянием последнего ледникового максимума в Восточной Сибири [8].

Наибольшее разнообразие жилых форм отмечено в Забайкалье, самой южной и изолированной части ареала вида, где по итогам 25-летних исследований описано 34 горных олиготрофных озера с жилыми гольцами [9]. Здесь же наиболее выражен симпатрический полиморфизм. В филогеографическом отношении важно, что в бассейне нижнего Анабара у гольцов обнаружен интрогрессированный гаплотип берингийской группы, ранее известный только у *S. malma* [8]. Берингийские генотипы, следовательно, продвинулись на запад дальше, чем предполагалось. По нашему мнению, интрогрессия мтДНК между близкородственными видами рода *Salvelinus* распространена шире, чем принято считать, однако выявить ее масштаб только по мтДНК невозможно, поскольку этот маркер не позволяет отличить интрогрессию от сохранения предкового полиморфизма. Задача решается полногеномным секвенированием.

Сравнительный анализ гольца Таранца *Salvelinus taranetzi* и близких таксонов Северо-Восточной Азии с арктическим гольцом арктического побережья Северной Америки [4] показал, что оценки дивергенции по комбинированным митохондриальным последовательностям (CoI, Cytb, контрольный регион) не превышают внутривидовых значений *S. taranetzi*. Азиатские и североамериканские формы генетически ближе

друг к другу, чем к другим линиям вида. На межгрупповую компоненту приходится около 83 % изменчивости мтДНК при слабом внутригрупповом разнообразии; при этом североамериканские популяции однороднее азиатских [4], что можно объяснить эффектом основателя при колонизации Нового Света. Материалы по Северо-Востоку Азии показывают, что анализ даже регионального масштаба требует трансконтинентального филогеографического контекста.

Полногеномное ресеквенирование выборок скандинавских аквакультурных пород гольца анадромного и жилого происхождения позволило Pappas с соавт. [10] сопоставить их геномную структуру и выделить области дифференциации между породами. Речь идет об аквакультурных породах, прошедших несколько поколений селекции, а не о диких популяциях, поэтому прямой перенос этих результатов на природные жилые и анадромные формы требует осторожности, так как искусственный отбор мог сместить частоты аллелей в направлениях, не связанных с естественной дивергенцией жизненных форм. Для диких популяций Лабрадора сопоставление жилых и проходных гольцов на SNP-чипе высокой плотности показало, что наборы дифференцированных локусов в разных озерах почти не перекрываются [11].

Ландшафтная геномика позволяет разделить изоляцию расстоянием (IBD, isolation by distance) и изоляцию средой (IBE, isolation by environment), то есть оценить, какая часть наблюдаемой дифференциации объясняется физическим расстоянием, а какая различиями экологических условий. Для жилых форм гольца в качестве переменных среды наибольший интерес представляют доступные трофические ресурсы, температурный режим водоема и видовой состав конкурентов. Метод попарного последовательно-марковского коалесцента (PSMC, Pairwise Sequentially Markovian Coalescent; Li, Durbin, 2011) дает независимую от генеалогических данных оценку динамики N_e во времени и позволяет выявить демографические сужения ледниковых максимумов по геномам современных рыб. Сочетание ресеквенирования с ландшафтным и демографическим анализом мы считаем наиболее перспективным направлением дальнейших исследований жилых форм *S. alpinus*.

Высокая межозерная дифференциация означает, что каждая жилая популяция несет уни-

кальный генофонд, невозполнимый в случае утраты. Малые эффективные размеры делают такие популяции уязвимыми к инбридингу. При этом правило Франклина нередко упрощают. При $N_e = 50$ темп накопления инбридинга составляет около 1 % за поколение, и ощутимая инбридинговая депрессия развивается на горизонте 5—10 поколений, а не двух-трех, как иногда указывают. Действительно острая ситуация складывается при N_e порядка 7, как, например, в пруду Leenanlampi, где потеря гетерозиготности около 7 % за поколение заметно снижает разнообразие уже через три-четыре поколения. Различие важно для практики, поскольку при N_e ниже 20—30 мониторинг и охранные меры не терпят отлагательства, тогда как при $N_e = 50$ у исследователя есть время на сбор данных и подготовку решений.

Высокая межпопуляционная дифференциация требует осторожности при зарыблении. Вселение особей из других озер способно нарушить локально адаптированный генофонд и вызвать аутбридинговую депрессию в последующих поколениях. Выбор источника для вспомогательного воспроизводства должен опираться на популяционно-генетические данные, а не на географическую близость водоемов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жилые озерные популяции арктического гольца разных регионов сходны по основным популяционно-генетическим характеристикам, таким как, высокая межпопуляционная дифференциация, малые N_e и сниженное нейтральное разнообразие. Для резидентной формы это закономерное состояние, и при управлении популяциями его следует принимать как исходное условие. Голарктическая филогеографическая структура, определяемая четырьмя линиями *S. alpinus*, задает основу, поверх которой локальные популяции накапливают собственную дивергенцию. Переход к полногеномным методам и ландшафтной геномике меняет постановку задачи, поскольку за нейтральной дифференциацией становится возможным выделить адаптивную составляющую, то есть участки генома, на которых сказалось действие отбора. Дальнейшее изучение жилых форм *S. alpinus* и разработка мер их охраны в условиях климатических изменений требуют совместного применения популяционно-генетического, ландшафтно-геномного и демографического анализа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Shikano T., Järvinen A., Marjamäki P., Kahilainen K.K., Merilä J. Genetic variability and structuring of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations in northern Fennoscandia. PLoS ONE. 2015;10(10):e0140344. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140344>
2. Nugent C.M., Leong J.S., Christensen K.A. et al. Design and characterization of an 87k SNP genotyping array for Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). PLoS ONE. 2019;14(4):e0215008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215008> (Editorial Note 04.06.2024)
3. Bernatchez L., Dempson J.B., Martin S. Microsatellite gene diversity analysis in anadromous arctic char, *Salvelinus alpinus*, from Labrador, Canada. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1998;55(5):1264-1272. <https://doi.org/10.1139/f98-016>
4. Олейник А.Г., Скурихина Л.А., Кухлевский А.Д., Бондарь Е.И. Генетическая дифференциация арктической филогенетической группы гольцов Северо-Восточной Азии и Северной Америки. Генетика. 2019;55(3):325-336.
5. Brunner P.C., Douglas M.R., Bernatchez L. Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* from central alpine lakes. Molecular Ecology. 1998;7(2):209-223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00337.x>

6. Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A.G., Wilson C.C., Bernatchez L. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Evolution*. 2001;55(3):573-586. DOI: 10.1554/0014-3820(2001)055[0573:hpoacs]2.0.co;2
7. Wilson A.J., Gíslason D., Skúlason S. et al. Population genetic structure of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from north-west Europe on large and small spatial scales. *Molecular Ecology*. 2004;13(5):1129-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02149.x>
8. Гордеева Н.В., Алексеев С.С., Кириллов А.Ф., Вокин А.И., Самусенок И.В. Распространение, состав и родственные отношения филогенетических групп арктического гольца *Salvelinus alpinus* (Salmonidae) в европейской части России и Сибири. *Вопросы ихтиологии*. 2018;58(6):659-669.
9. Алексеев С.С., Андреев Р.С., Вокин А.И., Гордеева Н.В., Коростелев Н.Б., Матвеев А.Н., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П., Самусенок И.В., Хлыстов В.С., Юрьев А.Л. Исследования арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.) в Забайкалье: итоги 25-летних работ. Сообщение 1. Распространение, симпатрические формы, морфология, генетика. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*. 2021;38:3-56. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.38.3>
10. Pappas F., Kurta K., Vanhala T., Jeuthe H., Hagen Ø., Beirão J., Palaiokostas C. Whole-genome re-sequencing provides key genomic insights in farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations of anadromous and landlocked origin from Scandinavia. *Evolutionary Applications*. 2023;16(4):797-813. <https://doi.org/10.1111/eva.13537>
11. Salisbury S.J., McCracken G.R., Perry R. et al. Limited genetic parallelism underlies recent, repeated incipient speciation in geographically proximate populations of an Arctic fish (*Salvelinus alpinus*). *Molecular Ecology*. 2020;29(22):4280-4294. <https://doi.org/10.1111/mec.15634>

REFERENCES

1. Shikano T., Järvinen A., Marjamäki P., Kahilainen K.K., Merilä J. Genetic variability and structuring of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations in northern Fennoscandia. *PLoS ONE*. 2015;10(10):e0140344. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140344>
2. Nugent C.M., Leong J.S., Christensen K.A. et al. Design and characterization of an 87k SNP genotyping array for Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *PLoS ONE*. 2019;14(4):e0215008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215008> (Editorial Note 04.06.2024)
3. Bernatchez L., Dempson J.B., Martin S. Microsatellite gene diversity analysis in anadromous arctic char, *Salvelinus alpinus*, from Labrador, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1998;55(5):1264-1272. <https://doi.org/10.1139/f98-016>
4. Oleinik A.G., Skurikhina L.A., Kukhlevsky A.D., Bondar E.I. Genetic differentiation of the Arctic phylogenetic group of charrs from Northeast Asia and North America. *Genetics*. 2019;55(3):325-336. (in Russ)
5. Brunner P.C., Douglas M.R., Bernatchez L. Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* from central alpine lakes. *Molecular Ecology*. 1998;7(2):209-223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00337.x>
6. Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A.G., Wilson C.C., Bernatchez L. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Evolution*. 2001;55(3):573-586. DOI: 10.1554/0014-3820(2001)055[0573:hpoacs]2.0.co;2
7. Wilson A.J., Gíslason D., Skúlason S. et al. Population genetic structure of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from north-west Europe on large and small spatial scales. *Molecular Ecology*. 2004;13(5):1129-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02149.x>
8. Gordeeva N.V., Alekseev S.S., Kirillov A.F., Vokin A.I., Samusenok I.V. Distribution, composition, and phylogenetic relationships of phylogenetic groups of Arctic char *Salvelinus alpinus* (Salmonidae) in the European part of Russia and Siberia. *Journal of Ichthyology*. 2018;58(6):659-669. (in Russ)
9. Alekseev S.S., Andreev R.S., Vokin A.I., Gordeeva N.V., Korostelev N.B., Matveev A.N., Pichugin M.Yu., Samusenok V.P., Samusenok I.V., Khlystov V.S., Yuriev A.L. Studies of Arctic char *Salvelinus alpinus* (L.) in Transbaikalia: results of 25 years of research. Communication 1. Distribution, sympatric forms, morphology, genetics. *Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology*. 2021;38:3-56. (in Russ) <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.38.3>
10. Pappas F., Kurta K., Vanhala T., Jeuthe H., Hagen Ø., Beirão J., Palaiokostas C. Whole-genome re-sequencing provides key genomic insights in farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) populations of anadromous and landlocked origin from Scandinavia. *Evolutionary Applications*. 2023;16(4):797-813. <https://doi.org/10.1111/eva.13537>
11. Salisbury S.J., McCracken G.R., Perry R. et al. Limited genetic parallelism underlies recent, repeated incipient speciation in geographically proximate populations of an Arctic fish (*Salvelinus alpinus*). *Molecular Ecology*. 2020;29(22):4280-4294. <https://doi.org/10.1111/mec.15634>

Поступила в редакцию / Received: 01.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 28.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ГЕНОМНЫЕ И ТРАНСКРИПТОМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СИМПАТРИЧЕСКОЙ ДИВЕРГЕНЦИИ ЖИЛЫХ ФОРМ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА *SALVELINUS ALPINUS* (L.)

Анна Алексеевна Крутикова^{1✉}, Владислав Сергеевич Ежков², Евгений Александрович Костромин³,
Кирилл Владимирович Племяшов⁴, Татьяна Шамильевна Кузнецова⁵

^{1,2,3,4,5} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

² Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства — филиал ФГБУ «Главрыбвод», Российская Федерация

¹ канд. биол. наук, доцент кафедры генетических и репродуктивных биотехнологий, email: anntim2575@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2561-145X

² аспирант кафедры аквакультуры и болезней рыб, научный сотрудник лаборатории селекции рыб, orcid.org/0009-0002-2057-2199

³ канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры и болезней рыб, orcid.org/0000-0002-1242-8392

⁴ д-р ветеринар. наук, проф., член-корр. РАН, ректор, orcid.org/0000-0002-3658-5886

⁵ канд. биол. наук, доцент кафедры генетических и репродуктивных биотехнологий, orcid.org/0000-0002-8981-0696

РЕФЕРАТ

Обзор посвящен геномным и транскриптомным механизмам симпатрической дивергенции жилых форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.). Рассмотрены классические системы внутриозерного полиморфизма в озерах Тингвадлаватн (Исландия), Лох-Раннох (Шотландия) и Фьеллфресватн (Норвегия) от первых биохимических маркеров до полногеномных SNP и транскриптомики. Проанализированы данные о параллельной дивергенции экотипов в 11 парах симпатрических форм из двух эволюционных линий, атлантической и сибирской, описано, что морфологически сходные формы обнаруживают параллелизм на уровне эко-морфологии и транскриптомной регуляции, который обеспечивается преимущественно стоячей генетической изменчивостью и параллельными цис-eQTL. Параллелизм на уровне отдельных геномных вариантов при этом невелик, так из сотен ассоциированных локусов между двумя линиями совпали лишь восемь. Транскриптомные исследования раннего онтогенеза выявили генетически детерминированные различия в экспрессии генов, определяющих краниофациальную морфологию и трофическую специализацию. Данные по Забайкалью подтверждают многократное независимое формообразование в разных озерных системах. Обсуждается корректность термина «симпатрическое видообразование», поскольку для большинства изученных систем полная репродуктивная изоляция не показана, и более точным представляется определение «внутриозерная адаптивная дивергенция». Эксперименты по выращиванию потомства в стандартных условиях подтверждают наследственную основу межформенных различий и одновременно выявляют значительный вклад пластичности.

Ключевые слова: арктический голец, *Salvelinus alpinus*, симпатрические формы, жилые формы, внутриозерная адаптивная дивергенция, параллельная эволюция, транскриптомика, геномика, SNP, цис-eQTL, дивергентный отбор, Забайкалье, Тингвадлаватн.

Для цитирования: Крутикова А.А., Ежков В.С., Костромин Е.А., Племяшов К.В., Кузнецова Т.Ш. Геномные и транскриптомные механизмы симпатрической дивергенции жилых форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.). Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:186-192. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.186>

GENOMIC AND TRANSCRIPTOMIC MECHANISMS OF SYMPATRIC DIVERGENCE IN RESIDENT FORMS OF ARCTIC CHARR *SALVELINUS ALPINUS* (L.)

Anna A. Krutikova^{1✉}, Vladislav S. Ezhkov², Evgeny A. Kostromin³, Kirill V. Plemyashov⁴, Tatiana Sh. Kuznetsova⁵
^{1,2,3,4,5} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

² Federal Selection and Genetic Centre for Fish Breeding — branch of FSBI Glavrybvod, Russian Federation

¹ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, email: anntim2575@mail.ru, orcid.org/0000-0003-2561-145X

² Postgraduate Student, Department of Aquaculture and Fish Diseases; Researcher, Laboratory of Fish Breeding, orcid.org/0009-0002-2057-2199

³ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Aquaculture and Fish Diseases, orcid.org/0000-0002-1242-8392

⁴ Doctor of Veterinary Sciences, Prof., Corresponding Member of RAS, Rector, orcid.org/0000-0002-3658-5886

⁵ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, orcid.org/0000-0002-8981-0696

ABSTRACT

This review analyses the genomic and transcriptomic mechanisms of sympatric divergence in resident forms of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). Classic systems — Thingvallavatn (Iceland), Loch Rannoch (Scotland) and Fjellfrösavatn (Norway) — are examined from biochemical markers to SNP-genomics and tran-

scriptomics. Analysis of 11 sympatric ecotype pairs across two evolutionary lineages shows that phenotypic and transcriptomic parallelism is substantially deeper than parallelism at the level of individual SNPs: only 8 of hundreds of associated loci were shared between lineages (Jacobs et al., 2020). Coalescent modelling of Icelandic morph pairs (Brachmann et al., 2022) demonstrates that the history of divergence differs between lakes within the same species and the same type of morph pair. A clarification is offered regarding the term «sympatric speciation»: for most of the systems studied, including those of Transbaikalia, complete reproductive isolation has not been demonstrated, and «within-lake adaptive divergence» is the more accurate term. The Editorial Note (2024) concerning Nugent et al. (2019) and the 87k SNP array is noted. Common-garden experiments (Svedäng, 1990; Janhunen et al., 2009) confirm the heritable basis of inter-morph differences while revealing considerable phenotypic plasticity.

Key words: Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, sympatric forms, within-lake adaptive divergence, parallel evolution, transcriptomics, genomics, SNP, cis-eQTL, divergent selection, Transbaikalia, Thingvallavatn.

For citation: Krutikova A.A., Ezhkov V.S., Kostromin E.A., Plemyashov K.V., Kuznetsova T.Sh. Genomic and transcriptomic mechanisms of sympatric divergence in resident forms of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:186-192. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.186>

ВВЕДЕНИЕ

Среди модельных систем эволюционной биологии арктический голец *Salvelinus alpinus* (L.) занимает особое положение. Ни у одного другого вида умеренных широт внутриозерный полиморфизм не документирован столь подробно при столь молодом возрасте популяций. В отдельных озерах за десять тысяч лет после отступления ледников сформировались две, три, а иногда четыре симпатрические формы, различающихся по морфологии, экологии и жизненной стратегии. Исторически это явление известно как «гольцовая проблема», применительно к которой ставятся вопросы о скорости формообразования, о соотношении отбора и пластичности и о том, почему адаптация к сходным условиям в разных водоемах идет по ограниченному числу траекторий.

Молекулярно-генетические подходы позволили перевести часть этих вопросов в разряд проверяемых. Морфологический анализ не отвечает на вопрос, идет ли речь о репродуктивно изолированных формах или об альтернативных тактиках внутри единой популяции [11], о симпатрическом или вторично контактном происхождении, о наследственной или пластической природе различий. Смена исследовательского инструментария от биохимических маркеров к микросателлитам, затем к SNP-геномике и транскриптомике сдвинула фокус исследований с констатации репродуктивной изоляции на изучение ее геномной архитектуры и молекулярных механизмов дивергентного развития.

Целью настоящего обзора является систематизация данных о геномных и транскриптомных механизмах симпатрической дивергенции жилых форм арктического гольца. Рассмотрены внутриозерные процессы, такие как репродуктивная изоляция форм, геномные сигнатуры дивергентного отбора, параллелизм экотипической дивергенции в разных озерах и эволюционных линиях, транскриптомные данные о генетической составляющей межформенных различий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ научной литературы с использованием научной электронной библиотеки eLibrary, библиографической базы данных PubMed и поисковой системы Google Scholar. Поиск

проводился по сочетаниям ключевых слов «*Salvelinus alpinus*», «арктический голец», «симпатрические формы», «sympatric morphs», «parallel evolution», «transcriptomics», «RNA-seq», «SNP», «cis-eQTL», «common garden». В анализ включены публикации, содержащие первичные данные о генетической и транскриптомной дифференциации симпатрических форм вида, а также работы по экспериментальной проверке наследственности межформенных различий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Смена маркерных систем

Первые попытки генетически разграничить симпатрические формы гольца столкнулись с ограничениями аллозимного анализа, поскольку различия в частотах вариантов между формами нередко оказывались статистически незначимыми при очевидных морфологических и экологических различиях. Микросателлитные маркеры впервые дали разрешение, достаточное для выявления генетической обособленности форм внутри одного озера, и позволили количественно оценить степень репродуктивной изоляции, при этом значения F_{ST} (индекс доли общей генетической изменчивости между популяциями) варьируют от умеренных (0,03—0,05) до относительно высоких (более 0,15) [12]. В исследовании Wilson с соавторами [10] доля популяций с внутриозерной подразделенностью оказалась выше, чем можно было предполагать по морфологическим данным. Предполагается, что это указывает на более широкое распространение внутриозерного полиморфизма у вида, чем принято считать, и что часть случаев остается невыявленной из-за морфологически сходных форм.

Переход к анализу тысяч SNP (однонуклеотидных полиморфизмов), распределенных по геному, расширил возможности. Поиск участков генома с аномально высоким F_{ST} на фоне нейтрального фона позволяет картировать мишени дивергентного отбора. Термин «острова дивергенции» при этом нередко понимают буквально, хотя реальные пики дифференциации у гольца оказываются узкими, рассеянными по геному и подверженными эрозии за счет продолжающегося потока генов [16]. Транскриптомный анализ (RNA-seq) дополняет SNP-геномику, переводя описание вариантов в плос-

кость их функциональных последствий, при этом различия в экспрессии генов между формами, особенно в критические периоды развития, указывают на молекулярные механизмы морфогенеза трофически значимых структур. Сочетание двух подходов постепенно становится стандартом, хотя требует ресурсов, доступных лишь для немногих хорошо изученных систем.

Классические системы внутризерного полиморфизма

Исландское озеро Тингвадлаватн (Исландия) представляет собой наиболее изученную систему с несколькими симпатрическими формами. Четыре морфы гольца (мелкий и крупный бентофаги, планктофаг и хищник) различаются по морфологии, экологии и жизненному циклу, но сосуществуют в водоеме, заселенном не более десяти тысяч лет назад. Работа Volpe и Ferguson [9] выявила крайне малую нейтральную дивергенцию: 82 % особей всех четырех морф несли единственный митохондриальный гаплотип, а слабая, но статистически значимая гетерогенность по минисателлитам свидетельствовала о внутриозерном, а не вторично контактном происхождении форм. Интерпретировать эти результаты следует с поправкой на возможности метода, поскольку многолокусный анализ минисателлитов 1990-х годов уступает по разрешению современным SNP-подходам, и низкая нейтральная дивергенция, возможно, отражает ограниченность тогдашнего маркерного арсенала, а не отсутствие генетической структуры между морфами.

Это предположение подтвердилось при переходе к транскриптомным данным. Анализ сайтов с высокой степенью изменчивости, полученных методом RNA-seq у трех морф гольца озера Тингвадлаватна [18], выявил дифференциацию, значительно превосходящую оценки по нейтральным маркерам, при этом достоверные межморфные различия в частотах обнаружены у большинства проверенных SNP. Объяснение состоит в природе самих вариантов, так как несинонимические замены в кодирующих участках и SNP в регуляторных элементах активно транскрибируемых генов с существенно большей вероятностью оказываются мишенями отбора, чем случайно выбранные нейтральные маркеры. Отсюда следует практический вывод, что при изучении симпатрических форм выбор типа маркера определяет результат, а нейтральные маркеры систематически занижают степень дивергенции.

Заслуживают упоминания и малые изолированные популяции гольцов из лавовых полей вблизи озера Миватн. Leblanc с соавт. [6] показали, что фенотипическая изменчивость в них в значительной мере определяется нейтральным дрейфом, а не адаптивными процессами. Сходную роль дрейфа в популяциях с малым эффективным размером отмечают и для Северной Феноскандии [15]. При анализе малых популяций дрейф способен маскировать сигнал отбора, и это следует учитывать при интерпретации межформенных различий.

Шотландское озеро Лох-Раннох населяют две репродуктивно изолированные формы гольца,

пелагическая и бентосная, различающиеся по морфологии, трофике, срокам и местам нереста. Исследование Hartley с соавт. [7] выявило несколько независимых генетических свидетельств их обособленности, к которым относятся, например, различия в содержании ядерной ДНК, полиморфизм малатдегидрогеназы MDH-4,5 и устойчивые различия по частоте митохондриального варианта, выявляемого рестриктазой HindIII (17 из 19 пелагических рыб несли характерный паттерн, тогда как среди 20 бентосных он не встречен ни разу). Репродуктивная изоляция поддерживается фенологически и пространственно, что соответствует схеме экологической специации, типу видообразования, при котором репродуктивная изоляция возникает как побочный результат адаптации популяций к разным условиям среды. Сходный митохондриальный вариант обнаружен у гольцов Северной Норвегии предположительно сибирского происхождения [14], поэтому вторично контактное происхождение полиморфизма в этой системе исключить нельзя.

Норвежское озеро Фьеллфресватн представляет редкий случай обитания профундальной формы гольца в темной холодной глубинной зоне с крайне скудной кормовой базой. Микросателлитный анализ по шести локусам [8] выявил достоверную дифференциацию между литоральной и профундальной формами ($F_{ST} \approx 0,032$), тогда как более ранний аллозимный анализ различий между этими же формами не обнаруживал. Репродуктивная изоляция поддерживается разницей в сроках нереста почти в пять месяцев и пространственным разделением нерестилищ. Этот случай удобен как иллюстрация к вопросу о выборе маркерной системы, когда отрицательный результат по аллозимам не означает отсутствия генетической обособленности.

Коалесцентное моделирование и SNP-геномика

Работа Brachmann с соавт. [16], основанная на 14 187 SNP у бентосных и пелагических морф из четырех популяций исландских гольцов, вывела анализ на иной уровень, так, вместо констатации обособленности форм реконструированы демографические сценарии дивергенции для каждой пары. В двух популяциях данные подтвердили симпатрическую дивергенцию с непрерывным потоком генов, в одной — аллопатрическую дивергенцию с последующим вторичным контактом, в четвертой разграничить сценарии не удалось. На наш взгляд, этот результат важен и методически, поскольку в пределах одного вида и одного типа морфологической пары история дивергенции может быть принципиально разной в разных озерах. Обобщения вида «бентосная и пелагическая формы гольца возникают симпатрически» поэтому некорректны без анализа конкретной системы.

Геномная архитектура дифференциации в этой работе описывается узкими пиками повышенного F_{ST} , рассеянными по геному. Размер таких участков составляет несколько десятков килобаз, и они эрозируются продолжающимся потоком генов и рекомбинацией в межостровных регионах [16]. Практическое следствие очевидно,

для картирования таких мишеней нужна высокая плотность маркеров, а разреженные SNP-панели систематически занижают число локусов, вовлеченных в дивергентный отбор.

Транскриптомные механизмы и параллелизм дивергенции

Guðbrandsson с соавт. [17] изучали дифференциальную экспрессию генов в эмбрионах трех морф гольца озера Тингвадлаватна на четырех стадиях раннего развития. Получены достоверные различия в экспрессии ряда генов, связанных с развитием черепно-лицевого аппарата, то есть структур, определяющих форму головы, длину рыла и особенности жаберного аппарата. Для семи генов дифференциальная экспрессия подтверждена независимой проверкой. Транскриптомный анализ выявил также около 1300 SNP с разницей в частоте аллелей более 50 % между мелким бентофагом и аквакультурными рыбами, что связывает геномную и транскриптомную составляющие дивергенции.

Транскриптомика позволяет подойти к разграничению пластической и наследственной составляющих межформенных различий. Та часть транскриптомных различий, которая сохраняется у потомства при выращивании в стандартных условиях, имеет генетическую основу, а устойчивые различия в экспрессии генов краниофациального морфогенеза и роста отражают историю дивергентного отбора в данной системе. Уточним, что устойчивость здесь означает воспроизводимость в конкретных экспериментальных условиях, поскольку при других условиях среды соотношение пластической и генетической составляющих может измениться.

Исследование Jacobs с соавт. [13] охватило 11 пар симпатрических экотипов гольцов из озер Шотландии и Сибири, относящихся к двум эволюционным линиям, и впервые поставило вопрос о предсказуемости эволюции у этого вида в количественной форме. На уровне экоморфологии обнаружена умеренная, но достоверная параллельность, так, диаметр глаза и длина грудных плавников оказались параллельными признаками даже между линиями, тогда как другие признаки варьировали от системы к системе. На геномном уровне картина иная, сотни локусов ассоциированы с дивергенцией экотипов внутри каждой линии, но лишь восемь обнаружены в обеих линиях [13]. Параллельная эволюция в данном случае реализуется через параллелизм транскриптомной регуляции и однонаправленный отбор из стоячей генетической изменчивости, а не через повторное возникновение одинаковых мутаций. Ограниченность генетического параллелизма подтверждена и для географически близких популяций гольца Лабрадора, где перекрывание выявленных локусов между озерами также оказалось минимальным [19].

Транскриптомный анализ тех же 11 пар (44 102 гена) выявил высокий параллелизм экспрессии как внутри линий, так и между ними [13]. Биологические процессы, связанные с морфологией тела и физиологией мышц, оказались обогащены генами с параллельно измененной экспрес-

сией, причем значительная часть этого параллелизма имеет генетическую природу, при этом выявлены параллельные цис-eQTL (участок генома, вариант которого связан с уровнем экспрессии того или иного гена), то есть регуляторные варианты, картирующиеся вблизи регулируемых генов. По нашему мнению, этот результат более информативен, чем параллелизм отдельных SNP, поскольку он указывает на то, что регуляторные генные сети, сложившиеся в ходе длительной истории вида, ограничивают число доступных траекторий морфологической эволюции даже при различающихся геномных фонах двух линий.

Экспериментальная проверка наследственности различий

Геномные данные необходимо дополнять экспериментальной проверкой, иначе нельзя исключить, что наблюдаемые различия целиком обусловлены пластичностью. Svedäng [1] показал на шведских гольцах из озера Ступа-Решен, что потомство карликовой и нормальной форм, выращенное в одинаковых лабораторных условиях, достоверно различается по темпу роста и возрасту созревания, а гибриды занимают промежуточное положение с некоторым доминированием карликового фенотипа. Перекрывание распределений при этом не позволяет определить форму по отдельной особи. Работа выполнена в 1990 году на ограниченном материале, и ее результаты нуждаются в подтверждении на большем числе семей с геномным контролем родства.

Janhunen с соавт. [2] изучили три финские популяции гольца (пелагического хищника из озера Сайма, крупную хищную форму озера Инари и карликовую форму озера Кархунпесялампи) в стандартных рыбоводных условиях. После совместного выращивания сохранялись достоверные межпопуляционные различия по 27 морфометрическим признакам, таким как строение головы и размер рта, которые соответствовали трофической специализации родительских популяций. Одновременно обнаружился существенный вклад пластичности, так, тугорослая форма озера Кархунпесялампи в садковых условиях достигла размеров, сопоставимых с хищными формами. Эксперимент в общей среде, таким образом, необходим, но не достаточен для разграничения генетической и средовой составляющих.

Гольцы Забайкалья как система независимых дивергенций

Многолетние исследования гольцов Забайкалья [4], самой южной и изолированной части ареала вида, задокументировали обитание вида в 34 горных олиготрофных озерах. В большинстве из них сосуществуют две или три формы (карликовая, мелкая и крупная). Длиннотычинковые и многотычинковые планктофаги возникли в разных озерных системах независимо, то есть это явление параллельно, а не монофилетично. Забайкалье представляет собой удобную природную модель, потому что в одном регионе сосредоточено несколько независимых событий адаптивной дивергенции по сходным эколого-морфологическим линиям.

Микросателлитный анализ восьми локусов у

гольцов из пяти горных озер [3] выявил, что симпатрические формы генетически ближе друг к другу внутри одного озера, чем к формам из других озер. Формы каждого озера образуют монофилетические кластеры, что является необходимым, хотя и не достаточным условием внутриозерного происхождения. Степень репродуктивной изоляции варьирует, так, F_{ST} между симпатрическими формами разных озер составляет от 0,030 до 0,184, а p_{ST} (мера генетической подразделенности популяций для микросателлитных маркеров, построенная на модели ступенчатых мутаций (SMM, stepwise mutation model)) составила от 0,119 до 0,359. В озере Большой Намаракит зафиксированы кариотипические различия между карликовой и мелкой формами, что является первым подобным случаем для вида [4].

Здесь уместно уточнение терминологии. Полная репродуктивная изоляция в большинстве забайкальских систем не показана, а приведенные значения F_{ST} соответствуют частичной изоляции при сохраняющемся потоке генов. Мы считаем, что применительно к таким случаям корректнее говорить о внутриозерной адаптивной дивергенции, а не о симпатрическом видообразовании, поскольку последний термин предполагает завершенность процесса, которая для гольца остается недоказанной.

Забайкальские данные и результаты исследований гольцовых рыб Jacobs с соавторами [13] указывают на закономерность, что планктофаги, бентофаги и хищники из разных озер возникают на различной геномной основе, но обнаруживают сходство на уровне транскриптомной регуляции. Регуляторный уровень оказывается более консервативным, чем конкретный набор дифференцированных SNP. Именно забайкальские системы, где число независимых событий дивергенции максимально, представляются нам наиболее перспективным материалом для дальнейшего геномного анализа, прежде всего для проверки того, задействуют ли в параллельных системах одни и те же гены или одни и те же регуляторные пути при разных генотипических реализациях.

Практическое значение для аквакультуры

Арктический голец представляет собой перспективный объект холодноводного рыбоводства, и хозяйственно значимыми признаками для

него являются темп роста, возраст полового созревания и конверсия корма. Транскриптомные данные о генах краниофациального морфогенеза и роста могут быть использованы при разработке маркеров для племенной работы. Чип Salp87k [5] охарактеризован на исландских и канадских популяциях и применяется для геномного прогнозирования хозяйственно ценных признаков, а маркеры гена *sdY* позволяют определять генетический пол особей. При использовании этих данных следует учитывать Editorial Note PLoS ONE от 4 июня 2024 г., о том, что чип разрабатывался с использованием геномной сборки, впоследствии определенной как вероятный гибрид *S. alpinus* × *S. malma*, и результаты по разновидности Tree River требуют осторожной интерпретации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение геномных и транскриптомных механизмов симпатрической дивергенции жилых форм арктического гольца перешло от описательного этапа к анализу молекулярной архитектуры дивергентного отбора. Три классические системы озер Тингвадлаватн, Лох-Раннох и Фьеллфресватн интерпретируются заново с применением SNP-геномики, коалесцентного моделирования и транскриптомики. Наиболее значимым нам представляется вывод о том, что параллелизм на уровне транскриптомной регуляции выражен существенно сильнее, чем параллелизм отдельных геномных вариантов, и что направление конвергентной адаптации в разных озерах и эволюционных линиях задают регуляторные генные сети. При этом параллелизм транскриптома означает сходство процессов, но не обязательно путей, поскольку одинаковый биологический результат достигим через разные регуляторные механизмы, и разграничение этих вариантов остается задачей дальнейших исследований. Забайкальские данные показывают, что независимое формообразование по сходным эколого-морфологическим линиям воспроизводится даже в пределах одного региона. Перспективными направлениями мы считаем хромосомную сборку референсного генома *S. alpinus* на основе подтвержденного чистовидового образца, интеграцию эпигеномных данных с транскриптомными и полевое изучение поведенческих и нейросенсорных механизмов поддержания репродуктивной изоляции в симпатрии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Svedäng H. Genetic basis of life-history variation of dwarf and normal Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in Stora Rösjön, central Sweden. Journal of Fish Biology. 1990;36(6):917-932. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05638.x>
2. Janhunen M., Peuhkuri N., Piironen J. Morphological variability among three geographically distinct Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) populations reared in a common hatchery environment. Ecology of Freshwater Fish. 2009;18(1):106-116. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00332.x>
3. Гордеева Н.В., Осинев А.Г., Алексеев С.С., Матвеев А.Н., Самусенок В.П. Генетическая дифференциация арктических гольцов *Salvelinus alpinus* complex Забайкалья, выявленная по микросателлитным маркерам. Вопросы ихтиологии. 2010;50(3):293-304.
4. Алексеев С.С., Андреев Р.С., Вокин А.И., Гордеева Н.В., Коростелев Н.Б., Матвеев А.Н., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П., Самусенок И.В., Хлыстов В.С., Юрьев А.Л. Исследования арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.) в Забайкалье: итоги 25-летних работ. Сообщение 1. Распространение, симпатрические формы, морфология, генетика. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2021;38:3-56. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.38.3>
5. Nugent C.M., Leong J.S., Christensen K.A. et al. Design and characterization of an 87k SNP genotyping

- array for Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). PLoS ONE. 2019;14(4):e0215008. (Editorial Note PLoS ONE, 04.06.2024) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215008>
6. Leblanc C.A., Räsänen K., Morrissey M., Skúlason S., Ferguson M., Kristjánsson B.K. Fine scale diversity in the lava: genetic and phenotypic diversity in small populations of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. BMC Ecology and Evolution. 2024;24:45. <https://doi.org/10.1186/s12862-024-02232-3>
 7. Hartley S.E., McGowan C., Greer R.B., Walker A.F. The genetics of sympatric Arctic charr [*Salvelinus alpinus* (L.)] populations from Loch Rannoch, Scotland. Journal of Fish Biology. 1992;41(6):1021-1031. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02470.x>
 8. Westgaard J.I., Klemetsen A., Knudsen R. Genetic differences between two sympatric morphs of Arctic charr confirmed by microsatellite DNA. Journal of Fish Biology. 2004;65(5):1185-1191. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00519.x>
 9. Volpe J.P., Ferguson M.M. Molecular genetic examination of the polymorphic Arctic charr *Salvelinus alpinus* of Thingvallavatn, Iceland. Molecular Ecology. 1996;5(6):763-772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1996.tb00372.x>
 10. Wilson A.J., Gíslason D., Skúlason S. et al. Population genetic structure of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from northwest Europe on large and small spatial scales. Molecular Ecology. 2004;13(5):1129-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02149.x>
 11. Moore J.-S., Loewen T.N., Harris L.N., Tallman R.F. Genetic analysis of sympatric migratory ecotypes of Arctic charr *Salvelinus alpinus*: alternative mating tactics or reproductively isolated strategies? Journal of Fish Biology. 2014;84(1):145-162. <https://doi.org/10.1111/jfb.12263>
 12. Brunner P.C., Douglas M.R., Bernatchez L. Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* from central alpine lakes. Molecular Ecology. 1998;7(2):209-223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00337.x>
 13. Jacobs A., Carruthers M., Yurchenko A. et al. Parallelism in eco-morphology and gene expression despite variable evolutionary and genomic backgrounds in a Holarctic fish. PLoS Genetics. 2020;16(4):e1008658. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008658>
 14. Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A.G., Wilson C.C., Bernatchez L. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. Evolution. 2001;55(3):573-586. [https://doi.org/10.1554/0014-3820\(2001\)055\[0573:HPOACL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1554/0014-3820(2001)055[0573:HPOACL]2.0.CO;2)
 15. Shikano T., Järvinen A., Marjamäki P., Kahilainen K.K., Merilä J. Genetic variability and structuring of Arctic charr populations in northern Fennoscandia. PLoS ONE. 2015;10(10):e0140344. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140344>
 16. Brachmann M.K., Parsons K., Skúlason S., Gaggiotti O., Ferguson M. Variation in the genomic basis of parallel phenotypic and ecological divergence in benthic and pelagic morphs of Icelandic Arctic charr. Molecular Ecology. 2022;31(18):4688-4706. <https://doi.org/10.1111/mec.16625>
 17. Guðbrandsson J., Franzdóttir S.R., Kristjánsson B.K. et al. Differential gene expression during early development in recently evolved and sympatric Arctic charr morphs. PeerJ. 2018;6:e4345. <https://doi.org/10.7717/peerj.4345>
 18. Guðbrandsson J., Kapralova K.H., Franzdóttir S.R. et al. Extensive genetic differentiation between recently evolved sympatric Arctic charr morphs. Ecology and Evolution. 2019;9(19):10964-10983. <https://doi.org/10.1002/ece3.5516>
 19. Salisbury S.J., McCracken G.R., Perry R. et al. Limited genetic parallelism underlies recent, repeated incipient speciation in geographically proximate populations of an Arctic fish (*Salvelinus alpinus*). Molecular Ecology. 2020;29(22):4280-4294. <https://doi.org/10.1111/mec.15634>

REFERENCES

1. Svedäng H. Genetic basis of life-history variation of dwarf and normal Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in Stora Rösjön, central Sweden. Journal of Fish Biology. 1990;36(6):917-932. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05638.x>
2. Janhunen M., Peuhkuri N., Piironen J. Morphological variability among three geographically distinct Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) populations reared in a common hatchery environment. Ecology of Freshwater Fish. 2009;18(1):106-116. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00332.x>
3. Gordeeva N.V., Osinov A.G., Alekseev S.S., Matveev A.N., Samusenok V.P. Genetic differentiation of Arctic char *Salvelinus alpinus* complex of Transbaikalia based on microsatellite markers. Voprosy Ikhtologii. 2010;50(3):293-304. (in Russ)
4. Alekseev S.S., Andreev R.S., Vokin A.I., Gordeeva N.V., Korostelev N.B., Matveev A.N., Pichugin M.Yu., Samusenok V.P., Samusenok I.V., Khlystov V.S., Yuriev A.L. Studies of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) in Transbaikalia: results of 25 years of work. Report 1. Distribution, sympatric forms, morphology, genetics. Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya. 2021;38:3-56. (in Russ) <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.38.3>
5. Nugent C.M., Leong J.S., Christensen K.A. et al. Design and characterization of an 87k SNP genotyping array for Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). PLoS ONE. 2019;14(4):e0215008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215008> (Editorial Note PLoS ONE, 04.06.2024)
6. Leblanc C.A., Räsänen K., Morrissey M., Skúlason S., Ferguson M., Kristjánsson B.K. Fine scale diversity in the lava: genetic and phenotypic diversity in small populations of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. BMC

- Ecology and Evolution. 2024;24:45. <https://doi.org/10.1186/s12862-024-02232-3>
7. Hartley S.E., McGowan C., Greer R.B., Walker A.F. The genetics of sympatric Arctic charr [*Salvelinus alpinus* (L.)] populations from Loch Rannoch, Scotland. *Journal of Fish Biology*. 1992;41(6):1021-1031. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02470.x>
 8. Westgaard J.I., Klemetsen A., Knudsen R. Genetic differences between two sympatric morphs of Arctic charr confirmed by microsatellite DNA. *Journal of Fish Biology*. 2004;65(5):1185-1191. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00519.x>
 9. Volpe J.P., Ferguson M.M. Molecular genetic examination of the polymorphic Arctic charr *Salvelinus alpinus* of Thingvallavatn, Iceland. *Molecular Ecology*. 1996;5(6):763-772. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1996.tb00372.x>
 10. Wilson A.J., Gíslason D., Skúlason S. et al. Population genetic structure of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from northwest Europe on large and small spatial scales. *Molecular Ecology*. 2004;13(5):1129-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2004.02149.x>
 11. Moore J.-S., Loewen T.N., Harris L.N., Tallman R.F. Genetic analysis of sympatric migratory ecotypes of Arctic charr *Salvelinus alpinus*: alternative mating tactics or reproductively isolated strategies? *Journal of Fish Biology*. 2014;84(1):145-162. <https://doi.org/10.1111/jfb.12263>
 12. Brunner P.C., Douglas M.R., Bernatchez L. Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* from central alpine lakes. *Molecular Ecology*. 1998;7(2):209-223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00337.x>
 13. Jacobs A., Carruthers M., Yurchenko A. et al. Parallelism in eco-morphology and gene expression despite variable evolutionary and genomic backgrounds in a Holarctic fish. *PLoS Genetics*. 2020;16(4):e1008658. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008658>
 14. Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A.G., Wilson C.C., Bernatchez L. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Evolution*. 2001;55(3):573-586. [https://doi.org/10.1554/0014-3820\(2001\)055\[0573:HPOACL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1554/0014-3820(2001)055[0573:HPOACL]2.0.CO;2)
 15. Shikano T., Järvinen A., Marjamäki P., Kahilainen K.K., Merilä J. Genetic variability and structuring of Arctic charr populations in northern Fennoscandia. *PLoS ONE*. 2015;10(10):e0140344. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140344>
 16. Brachmann M.K., Parsons K., Skúlason S., Gaggiotti O., Ferguson M. Variation in the genomic basis of parallel phenotypic and ecological divergence in benthic and pelagic morphs of Icelandic Arctic charr. *Molecular Ecology*. 2022;31(18):4688-4706. <https://doi.org/10.1111/mec.16625>
 17. Guðbrandsson J., Franzdóttir S.R., Kristjánsson B.K. et al. Differential gene expression during early development in recently evolved and sympatric Arctic charr morphs. *PeerJ*. 2018;6:e4345. <https://doi.org/10.7717/peerj.4345>
 18. Guðbrandsson J., Kapralova K.H., Franzdóttir S.R. et al. Extensive genetic differentiation between recently evolved sympatric Arctic charr morphs. *Ecology and Evolution*. 2019;9(19):10964-10983. <https://doi.org/10.1002/ece3.5516>
 19. Salisbury S.J., McCracken G.R., Perry R. et al. Limited genetic parallelism underlies recent, repeated incipient speciation in geographically proximate populations of an Arctic fish (*Salvelinus alpinus*). *Molecular Ecology*. 2020;29(22):4280-4294. <https://doi.org/10.1111/mec.15634>

Поступила в редакцию / Received: 01.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 28.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026



КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРОВИ ТЕЛЯТ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

Николаев Семен Викторович^{1✉}

¹Институт агробиотехнологий имени А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, российская Федерация

¹канд. вет. наук, вед. научный сотрудник, email: semen.nikolaev.90@mail.ru

РЕФЕРАТ

В работе проведен анализ корреляционной структуры биохимических показателей сыворотки крови 3-месячных телят северных оленей ненецкой породы ($n = 50$). Установлено, что наиболее сильной является корреляция между общим белком и глобулинами ($r = 0,907$; $p \leq 0,001$), а также между липопротеинами высокой и низкой плотности ($r = 0,840$; $p \leq 0,001$). Альбумины положительно коррелируют с кальцием ($r = 0,645$; $p \leq 0,001$), щелочной фосфатазой ($r = 0,315$; $p \leq 0,05$), АЛТ ($r = 0,309$; $p \leq 0,05$) и АСТ ($r = 0,342$; $p \leq 0,05$), тогда как глобулины отрицательно связаны с АЛТ ($r = -0,346$; $p \leq 0,05$). ИФР-1 положительно коррелирует с альбуминами ($r = 0,466$; $p \leq 0,001$), щелочной фосфатазой ($r = 0,532$; $p \leq 0,001$), кальцием ($r = 0,439$; $p \leq 0,01$) и магнием ($r = 0,340$; $p \leq 0,05$), отрицательно – с калием ($r = -0,374$; $p \leq 0,05$). Трийодтиронин положительно связан с альбуминами ($r = 0,427$; $p \leq 0,01$), кальцием ($r = 0,472$; $p \leq 0,001$) и натрием ($r = 0,329$; $p \leq 0,05$). Креатинкиназа отрицательно коррелирует с альбуминами ($r = -0,368$; $p \leq 0,05$), щелочной фосфатазой ($r = -0,394$; $p \leq 0,001$) и кальцием ($r = -0,358$; $p \leq 0,05$), положительно – с ЛДГ ($r = 0,434$; $p \leq 0,01$) и калием ($r = 0,327$; $p \leq 0,05$). Выявленные корреляционные связи отчетливо формируют две направленности метаболизма: анаболический (ИФР-1, альбумины, щелочная фосфатаза, кальций, трийодтиронин, трансаминазы) и катаболический (креатинкиназа, ЛДГ, калий). Полученные данные отражают метаболический статус телят и могут быть использованы для оценки обеспеченности молодняка питательными веществами.

Ключевые слова: биохимический состав, корреляционный анализ, северные олени, метаболизм, инсулиноподобный фактор роста-1.

Для цитирования: Николаев С.В. Корреляционный анализ биохимического состава крови телят северных оленей. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:193-196. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.193>

CORRELATION ANALYSIS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BLOOD OF REINDEER CALVES

Semyon V. Nikolaev^{1✉}

¹A.V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, email: semen.nikolaev.90@mail.ru

ABSTRACT

The paper analyzes the correlation structure of biochemical parameters of blood serum of 3-month-old Nenets reindeer calves ($n = 50$). It was found that the strongest correlation is between total protein and globulins ($r = 0.907$; $p < 0.001$), as well as between high and low density lipoproteins ($r = 0.840$; $p < 0.001$). Albumins positively correlate with calcium ($r = 0.645$; $p < 0.001$), alkaline phosphatase ($r = 0.315$; $p < 0.05$), ALT ($r = 0.309$; $p < 0.05$) and AST ($r = 0.342$; $p < 0.05$), while globulins are negatively associated with ALT ($r = -0.346$; $p < 0.05$). IGF-1 positively correlates with albumin ($r = 0.466$; $p < 0.001$), alkaline phosphatase ($r = 0.532$; $p < 0.001$), calcium ($r = 0.439$; $p < 0.01$) and magnesium ($r = 0.340$; $p < 0.05$), negatively with potassium ($r = -0.374$; $p < 0.05$). Triiodothyronine is positively associated with albumins ($r = 0.427$; $p < 0.01$), calcium ($r = 0.472$; $p < 0.001$) and sodium ($r = 0.329$; $p < 0.05$). Creatine kinase negatively correlates with albumins ($r = -0.368$; $p < 0.05$), alkaline phosphatase ($r = -0.394$; $p < 0.001$) and calcium ($r = -0.358$; $p < 0.05$), positively with LDH ($r = 0.434$; $p < 0.01$) and potassium ($r = 0.327$; $p < 0.05$). The revealed correlations strongly form two directions of metabolism: anabolic (IGF-1, albumins, alkaline phosphatase, calcium, triiodothyronine, transaminases) and catabolic (creatine kinase, LDH, potassium). The data obtained reflect the metabolic status of calves and can be used to assess the nutritional status of young animals.

Key words: biochemical composition, correlation analysis, reindeer, metabolism, insulin-like growth factor-1.

For citation: Nikolaev S.V. Correlation analysis of the biochemical composition of the blood of reindeer calves. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:193-196. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.193>

ВВЕДЕНИЕ

Северное оленеводство является одной из немногих отраслей, полностью адаптированных к экстремальным природно-климатическим условиям Арктики [5, 9, 10]. В структуре товарного стада телята текущего года рождения занимают 18–25% от общего поголовья, при этом первый год жизни молодняка является наиболее важным и критическим периодом, определяющим сохранность поголовья и продуктивность стада в целом [3, 6].

Метаболический статус телят в раннем постнатальном онтогенезе формируется под влиянием комплекса факторов – молочности важенки, сезонной динамики кормовой базы, температурного режима, наличия органопатологий и т.д. [2, 5]. Физиологические процессы роста у северных оленей не являются линейными: в летний период прирост массы тела максимален, тогда как зимой он практически прекращается. При этом около 80% массы половозрелой особи телята нагуливают именно за первые 6 месяцев послеутробного развития, что подчеркивает значимость этого возрастного этапа для формирования мясной продуктивности [3, 7, 8].

С учетом исключительной адаптации данного вида к природно-климатическим условиям Арктической зоны, особый интерес представляет изучение биохимических показателей крови, которые являются интегральными маркерами, отражающими как генетически детерминированные особенности метаболизма, так и влияние паратипических факторов [1, 4]. При этом анализ должен включать оценку взаимосвязей между отдельными маркерами, что позволяет судить о направленности метаболических процессов на данном этапе онтогенеза [4].

Цель работы – проанализировать корреляционные связи биохимических показателей крови телят северных оленей в 3-месячном возрасте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в 2025 году на базе Ямальской опытной станции Тюменского научного центра СО РАН. Объектом исследования послужили клинически здоровые телята северных оленей ненецкой породы уральского экотипа ($n = 50$) в возрасте 3,0–3,5 месяца.

Молодняк текущего года рождения случайным методом отлавливали из стада в ходе плановой вакцинации против сибирской язвы (август 2025 года). Кровь отбирали из яремной вены с использованием вакуумных пробирок содержащих активатор свертывания. Сыворотку отстаивали до отделения сгустка, затем замораживали в термосе с сухим льдом и транспортировали в лабораторию (г. Киров).

В сыворотке крови определяли 22 показателя: общий белок (ТР), альбумины (Альб.), глобулины (Глоб.), альбумино-глобулиновый коэффициент (А/Г), активность щелочной фосфатазы (ЩФ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), креатинкиназы (КК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), коэффициент де Ритиса (АЛТ/АСТ), концентрацию общего кальция (Са), магния (Mg), неорганического фосфора (Р), кальций-фосфорное отношение (Са/Р), калия (К), натрия (Na), хлоридов (Cl), холестерина липопротеинов

высокой и низкой плотности (ЛПВП и ЛПНП), инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1) и общего трийодтиронина (Т3).

Биохимические исследования осуществляли на автоматическом биохимическом анализаторе AU5800 и иммунохимическом анализаторе UniCel DxI 800 (Beckman Coulter, США) с использованием соответствующих наборов реагентов.

Корреляционный анализ выполнен с применением коэффициента корреляции Пирсона. Критическое значение коэффициента при $n = 50$ составили $|r| \geq 0,273$ для $p \leq 0,05$; $|r| \geq 0,354$ для $p \leq 0,01$; $|r| \geq 0,443$ для $p \leq 0,001$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ корреляционной матрицы биохимических показателей крови телят северных оленей (таблица) свидетельствует, что из 231 возможной пары статистически значимыми являются 42 (18,2%) взаимосвязи, из которых 5 пар имеют слабую корреляцию, 31 – умеренную, 4 – значимую и 2 – сильную.

При оценке корреляционной структуры биохимических показателей крови 3-месячных телят северных оленей установлено, что наиболее сильной связью является корреляция между концентрацией общего протеина и глобулиновой фракцией сыворотки крови: коэффициент составил 0,907 ($p \leq 0,001$). Таким образом, уровень общего белка у телят в раннем постнатальном онтогенезе преимущественно определяется глобулинами, тогда как его связь с альбуминами не выражена ($r = 0,138$; $p > 0,05$). Между уровнем альбуминов и глобулинов наблюдается слабая отрицательная связь ($r = -0,291$; $p \leq 0,05$), что отражает естественный физиологический антагонизм между этими фракциями.

Альбумины положительно коррелируют с активностью АЛТ ($r = 0,309$; $p \leq 0,05$) и АСТ ($r = 0,342$; $p \leq 0,05$), тогда как глобулины, напротив, имеют отрицательную корреляцию с АЛТ ($r = -0,346$; $p \leq 0,05$). Отношение альбуминов к глобулинам положительно коррелирует с активностью АЛТ ($r = 0,415$; $p \leq 0,01$). Установленные связи подтверждают ферментативную роль печени в белок-синтезирующей функции, отражая сопряженность анаболических процессов с активностью трансаминаз.

Анализ корреляций с участием креатинкиназы выявил ряд закономерностей, подчеркивающих ее роль как маркера мышечного метаболизма. Так, установлена отрицательная связь фермента с альбуминами ($r = -0,368$; $p \leq 0,05$), что по-видимому связано со снижением мышечного катаболизма при достаточном уровне альбуминов в крови. Активность данной киназы отрицательно коррелировала со щелочной фосфатазой ($r = -0,394$; $p \leq 0,001$) и кальцием ($r = -0,358$; $p \leq 0,05$) и положительно – с ЛДГ ($r = 0,434$; $p \leq 0,01$) и калием ($r = 0,327$; $p \leq 0,05$). Таким образом, усиление мышечного катаболизма сопровождается снижением маркеров костного ремоделирования (кальция и щелочной фосфатазы), а также активацией анаэробного гликолиза и вероятно выходом калия из миоцитов.

ИФР-1 демонстрировал положительные связи с альбуминами ($r = 0,466$; $p \leq 0,001$), щелочной фосфатазой ($r = 0,532$; $p \leq 0,001$), кальцием ($r = 0,439$;

Таблица 1. Корреляционная матрица биохимических показателей сыворотки крови 3-месячных телят северных оленей (n=50).

Table 1. Correlation matrix of biochemical parameters of blood serum of 3-month-old reindeer calves (n=50).

X	Na	K	TЗ	ИФР-1	ЛПНП	ЛПВП	ЛДГ	КК	Ca/P	P	Маркер
	0,557***	-0,198	0,216	0,035	-0,369*	-0,239	-0,22	-0,179	0,032	-0,079	СІ
ОБ	X	-0,254	0,329*	0,256	-0,355*	-0,285*	-0,226	-0,096	0,122	-0,111	Na
Альб.	0,138	X	-0,06	-0,374*	0,149	0,120	0,087	0,327*	0,455***	0,403**	K
Глоб.	0,907***	-0,291*	X	0,282*	-0,034	0,156	0,202	-0,186	0,175	-0,007	TЗ
А/Г	-0,747	0,528	-0,945	X	0,043	0,168	0,217	-0,266	0,137	0,057	ИФР-1
ЩФ	0,002	0,315*	-0,131	0,273	X	0,840***	0,156	0,017	-0,138	0,165	ЛПНП
ГГТ	-0,068	0,172	-0,138	0,174	0,142	X	0,168	-0,059	-0,032	0,121	ЛПВП
АЛТ	-0,223	0,309*	-0,346*	0,415**	0,227	0,379**	X	0,434**	-0,020	0,133	ЛДГ
АСТ	-0,019	0,342*	-0,163	0,240	0,121	0,285	0,404**	X	-0,260	0,105	КК
АЛТ/АСТ	0,168	-0,028	0,174	-0,190	-0,133	-0,231	-0,707	0,106	X	-0,914	Ca/P
Ca	0,162	0,645***	-0,117	0,281	0,559***	0,280	0,362**	0,219	-0,203	X	P
Mg	0,065	0,305*	-0,067	0,141	0,153	0,149	0,183	-0,197	-0,149	0,394**	X
P	-0,072	-0,007	-0,067	0,021	0,111	-0,040	-0,078	0,071	0,229	0,005	-0,037
Ca/P	0,108	0,266	-0,008	0,111	0,095	0,157	0,191	0,016	-0,263	0,366	0,187
КК	-0,036	-0,368*	0,121	-0,280	-0,394**	0,012	0,082	0,043	-0,127	-0,358*	-0,069
ЛДГ	-0,018	0,153	-0,082	0,090	0,323*	0,343*	0,318*	0,338*	-0,117	0,342*	0,100
ЛПВП	0,100	0,043	0,079	-0,043	0,362**	0,280	0,243	-0,144	-0,295*	0,207	-0,051
ЛПНП	0,058	-0,069	0,085	-0,097	0,233	0,193	0,108	-0,197	-0,197	0,037	-0,177
ИФР-1	0,146	0,466***	-0,056	0,223	0,532***	0,242	0,128	0,220	-0,004	0,439**	0,340*
TЗ	0,234	0,427**	0,045	0,076	0,204	0,214	0,139	0,137	-0,076	0,472***	0,236
K	-0,043	-0,216	0,050	-0,170	-0,197	-0,050	-0,075	-0,039	0,084	-0,264	-0,045
Na	0,141	0,288*	0,014	0,081	-0,091	-0,053	-0,064	0,190	0,166	0,043	0,180
СІ	0,004	0,004	0,003	0,054	-0,002	-0,048	-0,081	0,095	0,207	-0,034	0,003
Маркер	ОБ	Альб	GLOB	A/Г	ЩФ	ГГТ	АЛТ	АСТ	АЛТ/АСТ	Ca	Mg

$p \leq 0,01$), магнием ($r = 0,340$; $p \leq 0,05$) и трийодтиронином ($r = 0,282$; $p \leq 0,05$). Данный гормон является ключевым посредником влияния соматотропина, стимулирует пролиферацию и дифференцировку клеток, активизирует синтез белка и костеобразование, что объясняет его положительные корреляции с данными маркерами. Отрицательная связь ИФР-1 с калием ($r = -0,374$; $p \leq 0,05$) может быть обусловлена снижением выхода калия из клеток в системный кровоток при активации анаболических процессов в мышечной ткани.

Положительная корреляция трийодтиронина с альбуминами ($r = 0,427$; $p \leq 0,01$) объясняется регулирующей функцией гормона на синтез белков. Связь трийодтиронина с кальцием ($r = 0,472$; $p \leq 0,001$) отражает стимуляцию тиреоидными гормонами костного ремоделирования, а положительная корреляция с натрием ($r = 0,329$; $p \leq 0,05$) может быть обусловлена активацией натрий-калиевого насоса и усилением реабсорбции натрия в почках под влиянием данного гормона.

Активность щелочной фосфатазы положительно коррелировала с альбуминами ($r = 0,315$; $p \leq 0,05$), кальцием ($r = 0,559$; $p \leq 0,001$) и ЛПВП ($r = 0,362$; $p \leq 0,01$). Положительная связь с альбуминами и ЛПВП отражает сопряженность синтетических процессов в печени с ферментативной активностью в условиях роста, а с кальцием обусловлена ее участием в ремоделировании и минерализации костной ткани.

Активность ГГТ положительно коррелировала с АЛТ ($r = 0,379$; $p \leq 0,001$) и ЛДГ ($r = 0,343$; $p \leq 0,001$); АЛТ – с АСТ ($r = 0,404$; $p \leq 0,001$) и ЛДГ ($r = 0,318$; $p \leq 0,05$); АСТ – с ЛДГ ($r = 0,338$; $p \leq 0,05$). Эти связи отражают сочетанную активность ферментов гепатобилиарной системы и энергетическим обменом в мышечных структурах.

Кальций положительно коррелирует с магни-

ем ($r = 0,394$; $p \leq 0,001$), а также с альбуминами ($r = 0,645$; $p \leq 0,001$), АЛТ ($r = 0,362$; $p \leq 0,01$) и ЛДГ ($r = 0,342$; $p \leq 0,05$). Магний, помимо связи с кальцием, положительно коррелирует с альбуминами ($r = 0,305$; $p \leq 0,05$). Таким образом, оба катиона тесно связаны друг с другом и с белковым обменом, а также с ферментативной активностью печени и мышц.

Калий отрицательно коррелировал с фосфором ($r = -0,455$; $p \leq 0,001$), положительно – с Ca/P-отношением ($r = 0,327$; $p \leq 0,05$) и магнием ($r = 0,403$; $p \leq 0,001$). Связь калия с кальций-фосфорным обменом, вероятно, обусловлена их влиянием на кислотно-щелочное равновесие и отражает участие в регуляторных механизмах минерального гомеостаза. Положительная корреляция калия с магнием, вероятно, отражает их функциональную взаимосвязь и механизмы реабсорбции в почках.

Натрий был положительно связан с хлором ($r = 0,557$; $p \leq 0,001$) и альбуминами ($r = 0,288$; $p \leq 0,05$). Тесная связь натрия с хлором обусловлена их сочетанной ролью в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного баланса.

Липидный профиль представлен положительной корреляцией между ЛПВП и ЛПНП ($r = 0,840$; $p \leq 0,001$), что является второй по силе связью. ЛПВП отрицательно связаны с отношением АЛТ/АСТ ($r = -0,295$; $p \leq 0,05$) и натрием ($r = -0,285$; $p \leq 0,05$). ЛПНП отрицательно коррелируют с натрием ($r = -0,355$; $p \leq 0,05$) и хлором ($r = -0,369$; $p \leq 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе полученных данных биохимического профиля крови телят северных оленей выделяются две наиболее выраженные группы корреляционных связей, отражающие противоположную направленность метаболических процессов – анаболическую и катаболическую. Анабо-

лический вектор формируют положительные ассоциации между ИФР-1, альбуминами, щелочной фосфатазой, кальцием, трийодтиронином и трансаминазами. Катаболический представлен активностью креатинкиназы, ЛДГ и концентрацией калия, что соответствует активации анаэробного гликолиза в мышцах и выходу данных веществ из поврежденных миоцитов в системный кровоток. Данная группа маркеров отрица-

тельно коррелирует с анаболическими показателями, что свидетельствует о снижении стимулов роста при усилении мышечного катаболизма.

Выявленные корреляционные ассоциации могут служить основой для оценки обеспеченности телят кормом: доминирование анаболических маркеров указывает на достаточность питания, тогда как смещение в сторону катаболических показателей – на его дефицит.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брызгалов Г.Я. Биохимические показатели крови оленей севера Дальнего Востока. Дальневосточный аграрный вестник. 2017;4(44):101-108.
2. Елсаков В.В., Зуев С.М., Мыльникова Т.А. Распределение запаса зелёных кормов на участках выпаса оленей по материалам спутниковых съёмок разной детальности. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022;19(2):155-168. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-2-155-168
3. Николаев С.В., Филатов А.В. Структура и фенотипическая характеристика экспериментального стада северных оленей Ямальной опытной станции. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;(1):196-200. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.1.196>
4. Николаев С.В. Анализ корреляционных зависимостей биохимических показателей крови у оленей ненецкой породы. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025;3:117-120. DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.3.117
5. Лайшев К.А., Столповский Ю.А., Южаков А.А., Семина М.Т. Перспективы использования генетического потенциала копытных животных, обитающих в Арктической зоне. Успехи современной биологии. 2024;144(1): 26-36. DOI 10.31857/S0042132424010024
6. Романенко Т.М. Элементный статус адаптивного состояния телят северных оленей в экологических условиях Большеземельской тундры. Известия Коми научного центра УрО РАН. 2022;6(58): 13-22. DOI 10.19110/1994-5655-2022-6-13-22
7. Зуев С.М., Южаков А.А., Мусидрай А.А., Лайшев К.А. Сравнение фенотипических особенностей лесных и тундровых домашних северных оленей. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024;111:177-182. DOI 10.21515/1999-1703-111-177-182
8. Зуев С.М., Южаков А.А., Мусидрай А.А., Лайшев К.А. Фенотипические особенности домашних северных оленей Забайкалья. Вестник КрасГАУ. 2024;11(212): 105-112. DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-105-112
9. Южаков А.А. Роль ненецкой традиционной технологии в сохранении кочевого оленеводства Арктики. Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2019;1(102): 31-34. DOI 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.004
10. Южаков А.А. Северное оленеводство в XXI в.: генетический ресурс, культурное наследие и бизнес. Арктика: экология и экономика. 2017;2(26):131-137. DOI 10.25283/2223-4594-2017-2-131-137

REFERENCES

1. Bryzgalov G.Ya. Biochemical blood parameters of reindeer in the Russian Far East North. Far East Agrarian Bulletin. 2017;4(44):101-108. (in Russ)
2. Elsakov V.V., Zuev S.M., Mylnikova T.A. Distribution of green forage stocks in reindeer grazing areas based on satellite imagery of varying spatial resolution. Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space. 2022;19(2):155-168. (in Russ) DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-2-155-168
3. Nikolaev S.V., Filatov A.V. Structure and phenotypic characteristics of the experimental reindeer herd at the Yamal Experimental Station. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;(1):196-200. (in Russ) doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.1.196
4. Nikolaev S.V. Analysis of correlations between biochemical blood parameters in Nenets breed reindeer. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2025;3:117-120. (in Russ) DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.3.117
5. Laishev K.A., Stolpovsky Yu.A., Yuzhakov A.A., Semina M.T. Prospects for utilizing the genetic potential of ungulates inhabiting the Arctic zone. Advances in Modern Biology. 2024;144(1): 26-36. (in Russ) DOI 10.31857/S0042132424010024
6. Romanenko T.M. Elemental status of the adaptive state of reindeer calves in the environmental conditions of the Bolshzemelskaya Tundra. Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2022;6(58): 13-22. (in Russ) DOI 10.19110/1994-5655-2022-6-13-22
7. Zuev S.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A., Layshev K.A. Comparison of phenotypic characteristics of forest and tundra domestic reindeer. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024;111:177-182. (in Russ) DOI 10.21515/1999-1703-111-177-182
8. Zuev S.M., Yuzhakov A.A., Musidray A.A., Layshev K.A. Phenotypic characteristics of domestic reindeer in Transbaikalia. Bulletin of KrasGAU. 2024;11(212): 105-112. (in Russ) DOI 10.36718/1819-4036-2024-11-105-112
9. Yuzhakov A.A. The role of traditional Nenets technology in the preservation of nomadic reindeer herding in the Arctic. Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. 2019;1(102): 31-34. (in Russ) DOI 10.26110/ARCTIC.2019.102.1.004
10. Yuzhakov A.A. Reindeer husbandry in the 21st century: genetic resource, cultural heritage, and business. Arctic: Ecology and Economy. 2017;2(26):131-137. (in Russ) DOI 10.25283/2223-4594-2017-2-131-137

Поступила в редакцию / Received: 23.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 24.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ВНЕКЛЕТОЧНАЯ ДНК КАК БИОМАРКЕР ПАТОЛОГИЙ В РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ: БИОГЕНЕЗ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ (ОБЗОР)

Елена Ивановна Баранова^{1✉}, Татьяна Ивановна Кузьмина²

^{1,2} *Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Российская Федерация*
¹ *специалист лаборатории биологии развития, E-mail: elenabaranova666@gmail.com, orcid.org/0009-0004-1980-9333*

² *д-р биол. наук, проф., глав. науч. сотрудник, зав. лабораторией биологии развития, orcid.org/0000-0002-4218-6080*

РЕФЕРАТ

Внеклеточная ДНК (внДНК), состоящая из фрагментов ядерной и митохондриальной ДНК, циркулирующих в биологических жидкостях, в настоящее время рассматривается как ключевой инструмент неинвазивной диагностики в различных направлениях медицины. Её биогенез, детерминируемый апоптозом, некрозом, активной секрецией и нетозом, определяет диагностически значимые характеристики – фрагментный профиль, эпигенетические метки и тканевое происхождение. Эти свойства легли в основу применения высокочувствительных методов анализа, таких как секвенирование нового поколения (NGS) и цифровая ПЦР (dPCR), для оценки репродуктивного потенциала.

В репродуктологии сельскохозяйственных животных внДНК выступает перспективным биомаркером для прецизионного отбора. Концентрация и профиль внДНК в фолликулярной жидкости коррелируют с качеством ооцитов и клеточным стрессом. Анализ внДНК в отработанной эмбриональной культуральной среде позволяет неинвазивно оценивать хромосомную стабильность и имплантационный потенциал, адаптируя подходы преимплантационного генетического тестирования (niPGT-A). В семенной плазме уровень ядерной и митохондриальной внДНК служит интегральным индикатором нарушений сперматогенеза и фертильности.

Цель настоящего обзора – обобщение и анализ современных данных о биогенезе, диагностическом потенциале и ограничениях применения внДНК в репродуктологии сельскохозяйственных животных. Основными препятствиями широкого внедрения вышеобозначенного биомаркера остаются экстремально низкая концентрация целевой внДНК, риски контаминации соматической или микробной ДНК и отсутствие унифицированных протоколов. Преодоление данных барьеров требует разработки мультиомиксных панелей, применения алгоритмов машинного обучения, создания видоспецифичных биоинформатических инструментов и строгой стандартизации.

Данный обзор обобщает данные о механизмах образования внДНК – основы молекулярного мониторинга в прецизионной репродуктологии. Её освоение направлено на разработку технологий селекции, обеспечивающих рост эффективности программ разведения и генетического прогресса. Интеграция данных о внДНК в многопараметрические модели позволит перейти от эмпирических методов к прогностической селекции на основе анализа геномной целостности, метаболического статуса и эпигенетических маркеров.

Ключевые слова: внеклеточная ДНК, происхождение, фолликулярная жидкость.

Для цитирования: Баранова Е.И., Кузьмина Т.И. Внеклеточная ДНК как биомаркер патологий в репродуктивной биологии: биогенез, методы анализа и прикладное значение (обзор). Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:197–205. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.197>

EXTRACELLULAR DNA AS A BIOMARKER OF PATHOLOGIES IN REPRODUCTIVE BIOLOGY: BIOGENESIS, ANALYSIS METHODS AND APPLIED SIGNIFICANCE (REVIEW)

Elena Iv. Baranova^{1✉}, Tatiana Iv. Kuzmina²

^{1,2} *All-Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – a branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Russian Federation*

¹ *Specialist, Laboratory of Developmental Biology, E-mail: elenabaranova666@gmail.com, orcid.org/0009-0004-1980-9333*

² *Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Developmental Biology, orcid.org/0000-0002-4218-6080*

ABSTRACT

Extracellular DNA (cfDNA), consisting of fragments of nuclear and mitochondrial DNA circulating in biological fluids, is currently considered as a key tool for non-invasive diagnostics in various fields of medicine. Its biogenesis, determined by apoptosis, necrosis, active secretion, and netosis, determines its diagnosti-

cally significant characteristics - fragmented profile, epigenetic tags, and tissue origin. These properties have formed the basis for the use of highly sensitive analysis methods such as next-generation sequencing (NGS) and digital PCR (dPCR) to assess reproductive potential.

In the reproductology of farm animals, cfDNA acts as a promising biomarker for precision selection. The concentration and profile of cDNA in the follicular fluid correlate with the quality of oocytes and cellular stress. cfDNA analysis in a spent embryonic culture medium allows noninvasively assessing chromosomal stability and implantation potential by adapting preimplantation genetic testing (niPGT-A) approaches. The level of nuclear and mitochondrial cDNA in seminal plasma serves as an integral indicator of disorders of spermatogenesis and fertility.

The purpose of this review is to summarize and analyze current data on biogenesis, diagnostic potential, and limitations of the use of cfDNA in the reproduction of farm animals. The main obstacles to the widespread introduction of the above-mentioned biomarker remain the extremely low concentration of the target cfDNA, the risks of contamination of somatic or microbial DNA, and the lack of unified protocols. Overcoming these barriers requires the development of multi-mix panels, the use of machine learning algorithms, the creation of species-specific bioinformatic tools and strict standardization.

This review highlights the origin and main characteristics of cfDNA, which is the basis of molecular monitoring in precision reproductology. Its development is aimed at developing breeding technologies that increase the effectiveness of breeding programs and genetic progress. The integration of cfDNA data into multiparametric models will make it possible to move from empirical methods to predictive selection based on the analysis of genomic integrity, metabolic status and epigenetic markers.

Key words: extracellular DNA, origin, follicular fluid.

For citation: Baranova E.I., Kuzmina T.I. Extracellular DNA as a biomarker of pathologies in reproductive biology: biogenesis, analysis methods and applied significance (review). Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:197-205. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.197>

ВВЕДЕНИЕ

Внеклеточная ДНК (внДНК, англ. cell-free DNA, cfDNA) представляет собой фрагментированные молекулы ядерной и митохондриальной ДНК, циркулирующие в биологических жидкостях организма [9]. С момента открытия в 1948 году М. Mandel и Р. Métais, внДНК преимущественно рассматривалась как продукт клеточной гибели [26]. Однако, в процессе изучения за последние десятилетия, внДНК стала представлять важный молекулярный индикатор клеточной активности, физиологического статуса тканей и патологических процессов. Помимо этого, внДНК вовлечена в межклеточную сигнализацию и может активировать иммунные рецепторы, участвовать в регуляции локальных воспалительных реакций [9, 16, 13]. Широкое диагностическое применение внДНК в онкологии, где она используется для неинвазивного мониторинга опухолевой динамики, выявления мутаций и оценки ответа на терапию, демонстрирует ее высокий клинический потенциал [3].

Источники внДНК разнообразны: апоптоз, некроз, активная секреция клеток, в том числе в составе внеклеточных везикул (экзосом, микровезикул), формирование нейтрофильных внеклеточных ловушек (NETs). Длина фрагментов, степень метилирования, наличие митохондриальной фракции и белковых комплексов обуславливают физико-химические и диагностические свойства внДНК. Эти характеристики лежат в основе широкого применения внДНК в современной медицине - от онкологии до пренатальной диагностики.

В репродуктологии внДНК чаще всего исследуют как маркер патологий, связанных с бесплодием. Активно развивающимся направлением является изучение внДНК в средах для культивирования гамет и эмбрионов, а также в фолликулярной жидкости и сперме. Неинвазивные методы

отбора ооцитов и эмбрионов, позволяющие прогнозировать успешную имплантацию, востребованы как в клинической практике, так и в программах разведения сельскохозяйственных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе поиска научной литературы были задействованы следующие ключевые слова и словосочетания: внДНК, происхождение, биомаркер. Подбор литературных источников (российских и зарубежных авторов) по теме осуществлялся с использованием поисковых систем Google (<https://www.google.ru>) и баз данных: eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), Web of Science (<https://apps.webofknowledge.com/>). Всего было рассмотрено более 100 научных работ, из которых для анализа и составления научной работы включили 44 источника.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биогенез и физико-биологические характеристики внеклеточной ДНК

В недавних исследованиях авторами [5] было установлено, что основная масса внеклеточной ДНК состоит из фрагментов длиной 150–200 пар оснований. Эта закономерность объясняется структурой хроматина: такая длина соответствует участку ДНК, обернутому вокруг гистоновой сердцевин нуклеосомы [5, 7]. Короткие фрагменты, как правило, образуются при апоптозе. Некротические клетки же, наоборот, высвобождают более длинные последовательности в результате разрушения мембраны и лизиса. Активная секреция и выделение ДНК с внеклеточными везикулами придают внДНК дополнительные защитные и сигнальные свойства.

Митохондриальная ДНК (мтДНК), лишённая гистонов и отличающаяся высокой копийностью, особенно устойчива к деградации. Её присутствие в циркуляции часто ассоциируется с воспалением,

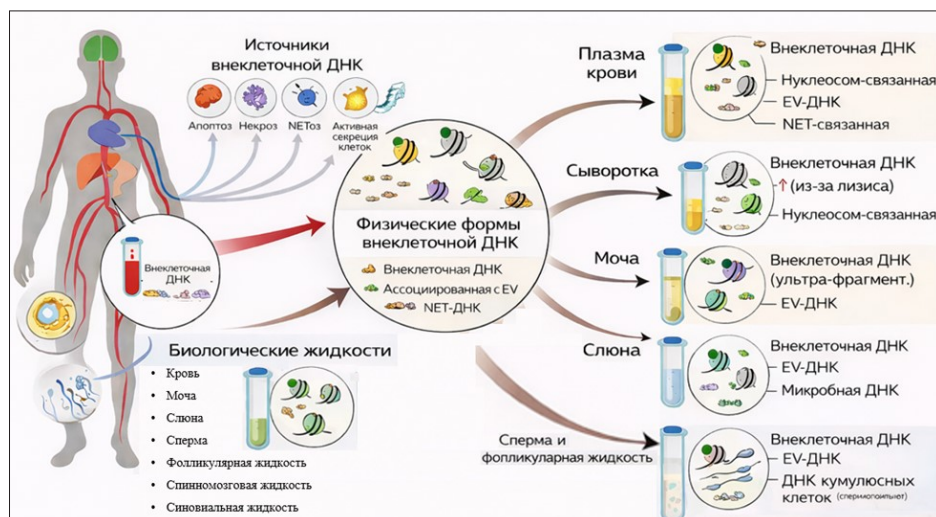


Рисунок 1. Локализация внеклеточной ДНК в биологических жидкостях. net-ДНК (от англ. Neutrophil Extracellular Trap DNA) - внеклеточная ДНК, входящая в состав нейтрофильных внеклеточных ловушек; EV-ДНК (от англ. Extracellular Vesicle DNA) - внеклеточная ДНК, содержащаяся внутри внеклеточных везикул (экзосом, микровезикул и апоптотических телец).

Figure 1. Localization of extracellular DNA in biological fluids. NET-DNA (Neutrophil Extracellular Trap DNA) – extracellular DNA constituting part of neutrophil extracellular traps; EV-DNA (Extracellular Vesicle DNA) – extracellular DNA contained within extracellular vesicles (exosomes, microvesicles, and apoptotic bodies).

стрессом и метаболическими нарушениями [6, 37].

Механизмы высвобождения внеклеточной ДНК: клеточные процессы и регуляция

Механизмы, лежащие в основе высвобождения внеклеточной ДНК, зависят от физиологического состояния клеток и могут включать как пассивные, так и активные процессы. Основные пассивные механизмы связаны с апоптозом и некрозом, в то время как активное высвобождение ДНК происходит через экзосомы, микровезикулы и формирование нейтрофильных внеклеточных ловушек (NETs).

При апоптозе эндонуклеазы расщепляют хроматин на строго упорядоченные фрагменты, соответствующие длине одного или нескольких нуклеосом, что отражает контролируемый характер клеточной гибели. В этом случае эндонуклеазы разрезают ДНК в линкерных участках между нуклеосомами, в результате чего образуются фрагменты размером около 180 пар оснований либо кратные этому числу [5, 7, 32]. Выявление таких фрагментов в биожидкостях, например, в фолликулярной и амниотической жидкостях, имеет большой диагностический потенциал для вспомогательных репродуктивных технологий [33].

Некротические клетки, наоборот, высвобождают ДНК в результате разрушения мембраны и лизиса, что приводит к появлению гетерогенных, более длинных фрагментов (свыше 10 тысяч пар оснований). Такие процессы чаще встречаются при патологических состояниях, в том числе воспалении, травмах и окислительном стрессе, что делает внДНК потенциальным биомаркером этих состояний [31].

Не менее важным источником внДНК являются активные механизмы высвобождения, включая секрецию экзосом и микровезикул. Липидная мембрана внеклеточных везикул (ВВ) обеспечивает защиту нуклеиновых кислот от деградации и опосредует их целенаправленный

транспорт, формируя систему дистанционной межклеточной коммуникации. Современные данные указывают на то, что внДНК в составе ВВ не является случайным пассивным содержимым, а представляет собой стабильный и регулируемый компонент везикулярного груза. Ключевое значение имеет функциональная организация этого пула ДНК: показано, что она ассоциирована с цитозольным ДНК-сенсором cGAS непосредственно внутри изолированных везикул [38].

При формировании внеклеточных ловушек нейтрофилы выбрасывают в межклеточное пространство нити хроматина, содержащие ферменты и антимикробные белки. Участие этих структур в иммунной регуляции может объяснять повышенную концентрацию внДНК при воспалениях [28, 4].

Методы выделения и анализа внеклеточной ДНК

Высокочувствительные методы анализа внДНК, позволяющие работать с крайне малыми концентрациями, включают в себя три основных этапа: преаналитическую подготовку, выделение и молекулярный анализ. Стандартизация первой стадии критически важна, так как отражает условия сбора, центрифугирования и хранения образцов. Несоблюдение температурных условий сопряжено с риском деградации внДНК или же ее контаминации. Качество анализа напрямую зависит от протокола подготовки исследуемой жидкости и сопутствующих клеточных компонентов [5, 17].

Один из наиболее распространенных методов выделения внДНК основан на использовании спин-колонок и магнитных наночастиц. Такие протоколы, как QIAamp Circulating Nucleic Acid Kit, достаточно легко воспроизводятся и дают стабильный результат, но могут терять короткие фрагменты [24]. Магнитные частицы позволяют точнее настраивать связывание с нуклеиновыми кислотами, меняя длину фрагментов и условия в

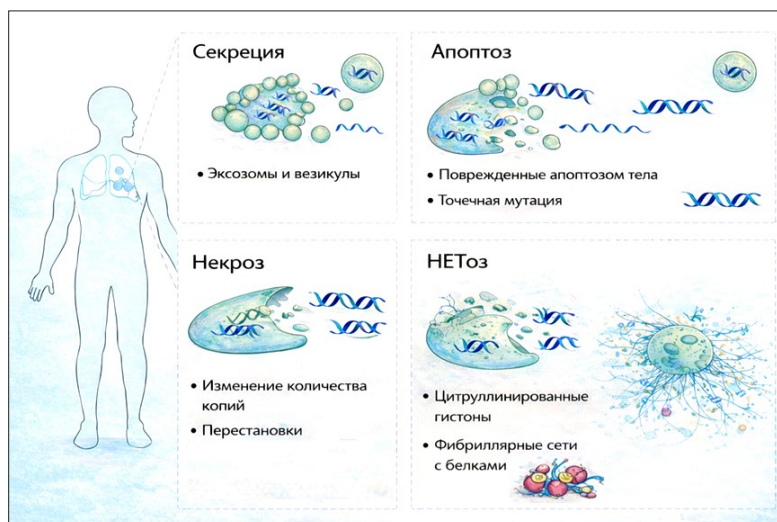


Рисунок 2. Источники происхождения внеклеточной ДНК.
Figure 2. Sources of extracellular DNA.

растворе, что особенно важно для мтДНК и коротких, сильно разбитых участков [12].

Классическая количественная ПЦР (qPCR) позволяет быстро оценить общий уровень ДНК и выявить конкретные генетические участки. Цифровую ПЦР (dPCR) чаще используют для поиска редких мутаций, мозаичных хромосомных нарушений или проверки чистоты образца [15]. Секвенирование нового поколения (NGS) чаще применяют для обнаружения точечных мутаций и изменения числа копий генов [23, 35], а также при работе с образцами внДНК объемом менее 10 нг.

Популярным методом является анализ метилирования внеклеточной ДНК [1, 40]. Бисульфит-секвенирование, включая одноклеточные модификации (scBS-seq), позволяет определить эпигенетические маркеры тканевого происхождения внДНК и отличить эмбриональные фрагменты от контаминирующих соматических или материнских. Такие технологии уже применяются для неинвазивного преимплантационного генетического тестирования на анеуплоидию (niPGT-A) [6, 36], а в ветеринарной практике открывают путь к созданию видоспецифичных панелей оценки чистоты и происхождения внДНК.

Наконец, особое значение приобретают мультиплексные подходы, объединяющие количественный, фрагментный, эпигенетический и мутационный анализ [20]. Комбинирование данных из различных уровней организации внДНК с последующей интеграцией с помощью алгоритмов машинного обучения позволяет повысить прогностическую точность и адаптировать методы для рутинного применения в биотехнологиях воспроизводства.

Внеклеточная ДНК в биологических жидкостях

Фолликулярная жидкость формирует уникальную микросреду, необходимую для роста и созревания ооцита, и одновременно отражает функциональное состояние окружающих клеток, в первую очередь гранулёзных. Одним из перспективных молекулярных маркеров в данной среде является внеклеточная ДНК [42, 21]. Её концентрация коррелирует с уровнем апоптоза и

клеточного стресса, происходящего в фолликулярной микросреде [41]. Интересно, что в других репродуктивных контекстах, например, в культуральной среде для эмбрионов КРС (крупного рогатого скота), ДНК, ассоциированная с внеклеточными везикулами, не коррелирует с интенсивностью апоптотических процессов [11].

Более высокие уровни внДНК в фолликулярной жидкости связаны со сниженной способностью ооцитов к дальнейшему развитию, однако сама внДНК не оказывает прямого негативного влияния на процесс их созревания [19, 30]. Принцип детекции специфических фетальных фрагментов, заложенный в основу неинвазивного пренатального тестирования у человека, активно изучается для диагностики осложнений беременности. Уровень внеклеточной фетальной ДНК в крови матери ассоциирован с риском преэклампсии, задержки роста плода и хромосомных аномалий [2]. Это создает прочную научную базу для разработки аналогичных неинвазивных тестов для раннего подтверждения беременности и мониторинга ее течения у высокоценных сельскохозяйственных животных. Дополнительную точность в интерпретации происхождения внДНК обеспечивают эпигенетические методы. Исследования показали, что ДНК, выделенная из SECM (spent embryo culture medium), может происходить не только от эмбриона, но и от других клеточных источников - кумулюсных клеток, полярных тел и даже материнской крови [18, 25]. Хотя подобные технологии ещё не внедрены в ветеринарную эмбриологию, накопленные данные указывают на их значительный потенциал. Адаптация методик анализа внДНК к нуждам животноводства, с учётом особенностей КРС и свиней, может лечь в основу для создания неинвазивных инструментов оценки генетического статуса эмбрионов. Уточнение клеточного источника внДНК на основе эпигенетических меток позволит снизить долю ложноотрицательных или ложноположительных заключений и повысить надёжность диагностики. В долгосрочной перспективе это может способствовать улучшению воспроизводства в жи-

вотноводстве, оптимизации программ эмбриотрансфера и отбору наиболее перспективных эмбрионов без необходимости их повреждения.

В фолликулярной жидкости концентрация внДНК тесно связана с морфологическими и молекулярными маркерами качества ооцитов [41, 18, 14]. Подобные изменения могут рассматриваться как индикаторы овуляторной активности или качества овуляторных фолликулов.

Так же важно отметить, что важным источником информации о репродуктивном статусе служит и системная циркуляция внДНК. Установлено, что общая концентрация циркулирующей ДНК в плазме крови статистически значимо не различается между беременными и небеременными животными [27].

В отличие от фолликулярной жидкости, семенная плазма представляет собой уникальную биожидкость, отражающую состояние всех отделов мужской репродуктивной системы, включая тестикулярный сперматогенез и посттестикулярное созревание. Анализ внеклеточной ДНК и её митохондриальной фракции в семенной плазме открывает новые перспективы для неинвазивной оценки мужской фертильности как в клинической практике, так и в животноводстве [10].

Повышенный уровень ядерной внДНК в семенной плазме является прямым следствием нарушения сперматогенеза. Его источником служат апоптотические герминативные клетки и сперматозоиды с фрагментированной ДНК, гибель которых вызвана оксидативным стрессом, воспалением или гормональной дисфункцией [8]. Концентрация внДНК положительно коррелирует с тяжестью патозооспермии, что подтверждается её значительным повышением у пациентов с олиго- и астенозооспермией [29]. Таким образом, внДНК выступает не просто маркером клеточной гибели, а интегральным показателем глубины повреждения сперматогенного эпителия и эффективности отбора сперматозоидов в придатке яичка.

Отдельное диагностическое значение имеет митохондриальная внДНК (мт-внДНК). Массивный выброс мтДНК во внеклеточное пространство происходит при нарушении целостности митохондриальной мембраны вследствие окислительного стресса, что является ключевым механизмом мужского бесплодия [29]. Поскольку митохондрии сперматозоидов обеспечивают энергию для подвижности и акросомальной реакции, уровень мт-внДНК в семенной плазме может служить косвенным индикатором функционального состояния митохондрий и, следовательно, энергетического потенциала сперматозоидов. Повышение мт-вн ДНК ассоциируется со снижением подвижности, нарушением акросомальной реакции и увеличением доли морфологических аномалий, что подтверждено в экспериментальных моделях.

Наиболее перспективным направлением является комбинированный анализ различных компонентов семенной плазмы для построения многопараметрических моделей оценки фертильности. Так, протеомный состав внеклеточных везикул семенной плазмы хряков значимо различается в зависимости от их размера и несёт информацию о функ-

циональном состоянии репродуктивного тракта [10]. Интеграция данных о концентрации и происхождении внДНК (ядерной и митохондриальной) с протеомным, метаболомным и транскриптомным профилями семенной плазмы позволит создать высокоточные алгоритмы для неинвазивного прогнозирования фертильности производителей.

Проблемы и перспективы

Низкая концентрация внеклеточной ДНК в репродуктивных средах требует использования высокочувствительных методов, нередко являющихся дорогостоящими. Даже в одном образце неоднородные фракции несут разную информацию. В отработанной среде для культивирования [21] уровень митохондриальной внДНК продемонстрировал более сильную корреляцию коллапсом blastocysts, чем общая концентрация ядерной внДНК. Данный эксперимент подчеркивает важность анализа происхождения внеклеточной ДНК для повышения диагностической точности.

Также, отсутствуют стандартизированные протоколы, что снижает воспроизводимость данных между лабораториями.

Отдельно стоит выделить риск контаминации внДНК фрагментами микробного происхождения. Их присутствие в образце искажает результаты анализа: завышает концентрацию внДНК, мешает метилированию и построению верного фрагментарного профиля. Наиболее подвержены образцы, полученные в нестерильных условиях и длительно хранящиеся. Микробная ДНК нередко структурно защищена от деградации при низких температурах, а внДНК способна образовывать прочные физико-химические комплексы с экзополисахаридами в составе биопленок, повышая свою стабильность [39]. Даже хранение при $t -80$ °C не гарантирует полный распад микробной ДНК. Разработка методов, которые при выделении образца позволят избежать подобных примесей, повысили бы эффективность вспомогательных репродуктивных технологий и животноводческих программ.

Внедрение комплексного исследования внДНК позволит увеличить долю жизнеспособных потомков, сократить затраты на эмбриотрансфер, а также повысить надежность прогнозирования результатов, в особенности в репродуктивных исследованиях сельскохозяйственных видов. Одно из перспективных направлений - создание видоспецифических панелей метилирования. Они помогут точнее определять происхождение ДНК и снизить количество ошибок при диагностике хромосомных нарушений у эмбрионов.

Использование внеклеточной ДНК как прогностического превентивного биомаркера репродуктивных клеток и эмбрионов

Активная разработка комплексных тестов, объединяющих анализ внДНК с другими неинвазивными маркерами - метаболитами, микроРНК и белками из среды культивирования поможет лучше понять состояние клеток, а также повысить точность диагностики без необходимости инвазивных процедур. Снижение риска механического повреждения, сохранение целостности зоны пеллюцида, раннего выявления метаболи-

ческих нарушений в клетках делает оценку уровня концентрации вДНК ценным инструментом превентивной диагностики как в репродуктивной медицине, так и ветеринарии.

Разработка стандартов хранения, выделения и анализа образцов позволит сопоставлять данные между лабораториями. В частности, в рамках CEN/ISO активно внедряются положения, адаптированные для ветеринарной практики, что позволит в будущем создать глобальные биобанки образцов вДНК сельскохозяйственных животных.

Международные стандарты: MIQE, SPIDIA и CEN/ISO

Для повышения воспроизводимости и достоверности данных, полученных при анализе вДНК, были разработаны международные протоколы и рекомендации, регулирующие все этапы - от сбора биоматериала до интерпретации результатов.

Одним из наиболее известных руководств является MIQE (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments), опубликованный в 2009 году [43]. Документ MIQE охватывает: требования к качеству и количеству исходной ДНК, стандарты проведения qPCR и контроля качества праймеров, использование внутренних контрольных генов, критерии для описания протоколов выделения ДНК, рекомендации по статистической обработке результатов.

Следование принципам MIQE особенно важно при сравнении экспрессии вДНК или её ко-

личественной оценки в различных образцах, включая фолликулярную жидкость, культуральные среды и плазму.

Европейские инициативы SPIDIA (Standardisation and improvement of generic pre-analytical tools and procedures for in-vitro diagnostics) и CEN/ISO (например, стандарт EN ISO 20186-2:2019) предлагают подробные описания стандартов сбора, хранения и транспортировки образцов для анализа ДНК и РНК [44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ внеклеточной ДНК в фолликулярной жидкости, культуральных средах и семенной плазме сельскохозяйственных животных позволяет определять их репродуктивный потенциал. Ключевое диагностическое значение имеет происхождение и размерный профиль, исследование этих показателей обеспечивает точное определение источника вДНК, что позволяет перейти к объективному молекулярному прогнозированию. Оценка ядерной и митохондриальной фракций способна выявлять как геномные аномалии, так и нарушения клеточного метаболизма, в перспективе вДНК может стать основой для новых инструментов селекции, которые позволили бы значительно повысить эффективность программ разведения.

На данный момент, основным препятствием перехода из исследовательской сферы в практику животноводства остается отсутствие стандартизированных протоколов на всех этапах исследований.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования (№ FGGN-2024-0014)

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брызгунова О. Е., Лактионов П. П. Современные методы анализа метилирования внеклеточной ДНК. МолБиол (Москва). Март-апрель 2017; 51(2):195-214. doi: 10.7868/S0026898417010074.
2. Вашукова Е.С., Тарасенко О.А., Мальцева А.Р. и др. Взаимосвязь клинико-анамнестических данных и уровня внеклеточной фетальной ДНК, оцененного методом полупроводникового секвенирования в рамках неинвазивного пренатального тестирования. Акушерство, гинекология и репродукция. 2024;18(6):820-834. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.546
3. Грачева М.И., Кан Н.Е., Красный А.М. Роль внеклеточной фетальной ДНК в ранней диагностике осложнений беременности. Акушерство и гинекология. 2016; 10: 5-10. doi: 10.18565/aig.2016.10.5-10
4. Кисина Т.Е., Воробьева Н.А. Внеклеточные ловушки - новая функция нейтрофилов и их роль в воспалении и гемостазе. Вестник СурГУ. Медицина. 2024;(4). doi: 10.35266/2949-3447-2024-4-9
5. Кондрацкая В.А., Покровская М.С., Долудин Ю.В. и др. Влияние преаналитических переменных на качество внеклеточной ДНК. Биобанкирование материала для выделения внеклеточной ДНК. КВТиП. 2021;(8). doi: 10.15829/1728-8800-2021-3114
6. Лисицына О.И., Долгушина Н.В., Макарова Н.П., Бурменская О.В. Митохондриальная ДНК как маркер качества гамет и эмбрионов в программах вспомогательных репродуктивных технологий. Акушерство и гинекология. 2023; 7: 20-26. doi: 10.18565/aig.2023.94
7. Салиева К.Р. Исследование характера изменений уровня метилирования последовательностей в составе циркулирующих ДНК в крови в ответ на терапию при раке прямой кишки: выпускная квалификационная работа магистра: 06.04.01. Томск. 2022: 58 с.
8. Aitken RJ, Lewis SEM. DNA damage in testicular germ cells and spermatozoa. When and how is it induced? How should we measure it? What does it mean? Andrology. 2023 Nov;11(8):1545-1557. DOI: 10.1111/andr.13375.
9. Aucamp J., Bronkhorst A.J., Badenhorst C.P.S., Pretorius P.J. The diverse origins of circulating cell-free DNA in the human body: a critical re-evaluation of literature. Biol Rev Camb Philos Soc. 2018 Aug;93(3):1649-1683. doi: 10.1111/brv.12413
10. Barranco I., Sanchez-López C.M., Bucci D., Alvarez-Barrientos A., Rodriguez-Martinez H., Marcilla A., Roca J. The Proteome of Large or Small Extracellular Vesicles in Pig Seminal Plasma Differs, Defining Sources and Biological Functions. Mol Cell Proteomics. 2023 Apr;22(4):100514. doi: 10.1016/j.mcpro
11. Caamaño D., Cabezas J., Aguilera C., Martinez I., Wong Y.S., Sagredo D.S., Ibañez B., Rodriguez S., Castro F.O., Rodriguez-Alvarez L. DNA Content in Embryonic Extracellular Vesicles Is Independent of the Apoptotic Rate in Bovine Embryos Produced In Vitro. Animals (Basel). 2024 Mar 29;14(7):1041. doi: 10.3390/ani14071041
12. Chen Y., Liu Y., Shi Y., Ping J., Wu J., Chen H. Magnetic particles for integrated nucleic acid purification, amplifica-

- tion and detection without pipetting. *Trends Analyt Chem.* 2020 Jun;127:115912. doi: 10.1016/j.trac.2020.115912
13. de Miranda F.S., Barauna V.G., Dos Santos L., Costa G., Vassallo P.F., Campos L.C.G. Properties and Application of Cell-Free DNA as a Clinical Biomarker. *Int J Mol Sci.* 2021 Aug 24;22(17):9110. doi: 10.3390/ijms22179110
 14. Dimopoulou M., Anifandis G., Messini C.I., Dafopoulos K., Kouris S., Sotiriou S., Satra M., Vamvakopoulos N., Messinis I.E. Follicular fluid oocyte/cumulus-free DNA concentrations as a potential biomolecular marker of embryo quality and IVF outcome. *Biomed Res Int.* 2014;2014:289306. doi: 10.1155/2014/289306
 15. Erler T., Droop F., Lübbert C., Knobloch J.K., Carlsen L., Papan C., Schwanz T., Zweigner J., Dengler J., Hoffmann M., Mutters N.T., Savin M. Analysing carbapenemases in hospital wastewater: Insights from intracellular and extracellular DNA using qPCR and digital PCR. *Sci Total Environ.* 2024 Nov 10;950:175344. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175344
 16. Fernández-Domínguez I.J., Manzo-Merino J., Taja-Chayeb L., Dueñas-González A., Pérez-Cárdenas E., Trejo-Becerril C. The role of extracellular DNA (exDNA) in cellular processes. *Cancer Biol Ther.* 2021 Apr 3;22(4):267-278. doi: 10.1080/15384047.2021.1890319
 17. Gokyer D., Salpeter N., Hughes L., Lee H.C., Lohman M.J., Atazhanova T., Kleinhans A., Riley J.K., Pavone M., Duncan F.E., Zaniker-Gomez E., Babayev E. Collection of Human Follicular Fluid, Follicle Somatic Cells, and Immature Oocytes from Individuals Undergoing In Vitro Fertilization. *J Vis Exp.* 2025 Oct 24;(224). doi: 10.3791/69122
 18. Handayani N., Aubry D., Boediono A., Wiweko B., Sirait B., Sini I., Polim A.A., Dwiranti A., Bowolaksiono A. The origin and possible mechanism of embryonic cell-free DNA release in spent embryo culture media: a review. *J Assist Reprod Genet.* 2023 Jun;40(6):1231-1242. doi: 10.1007/s10815-023-02813-z
 19. Ichikawa K., Shibahara H., Shirasuna K., Kuwayama T., Iwata H. Cell-free DNA content in follicular fluid: A marker for the developmental ability of porcine oocytes. *Reprod Med Biol.* 2019 Dec 21;19(1):95-103. doi: 10.1002/rmb2.12309
 20. Jiang C., Fu Y., Liu G., Shu B., Davis J., Tofaris G.K. Multiplexed Profiling of Extracellular Vesicles for Biomarker Development. *Nanomicro Lett.* 2021 Dec 2;14(1):3. doi: 10.1007/s40820-021-00753-w
 21. Kobayashi M., Ito J., Shirasuna K., Kuwayama T., Iwata H. Comparative analysis of cell-free DNA content in culture medium and mitochondrial DNA copy number in porcine parthenogenetically activated embryos. *J Reprod Dev.* 2020 Dec 22;66(6):539-546. doi: 10.1262/jrd.2020-097
 22. Kobayashi M., Kobayashi J., Shirasuna K., Iwata H. Abundance of cell-free mitochondrial DNA in spent culture medium associated with morphokinetics and blastocyst collapse of expanded blastocysts. *Reprod Med Biol.* 2020 Aug 11;19(4):404-414. doi: 10.1002/rmb2.12344
 23. Lee S.E., Park H.Y., Hur J.Y., Kim H.J., Kim I.A., Kim W.S., Lee K.Y. Genomic profiling of extracellular vesicle-derived DNA from bronchoalveolar lavage fluid of patients with lung adenocarcinoma. *Transl Lung Cancer Res.* 2021 Jan;10(1):104-116. doi: 10.21037/tlcr-20-888
 24. Leest P.V., Boonstra P.A., Elst A.T., Kempen L.C.V., Tibbesma M., Koopmans J., Miedema A., Tamminga M., Groen H.J.M., Reyners A.K.L., Schuurin E. Comparison of Circulating Cell-Free DNA Extraction Methods for Downstream Analysis in Cancer Patients. *Cancers (Basel).* 2020 May 13;12(5):1222. doi: 10.3390/cancers12051222
 25. Liu W., Lu Q., Xie W. et al. Characterization of Ultra-Short plasma Cell-Free DNA in maternal blood and its preliminary potential as a screening marker for pre-eclampsia. *Mol Med* 31, 256 (2025). doi: 10.1186/s10020-025-01307-1
 26. Mandel P., Metais P. Les acides nucléiques du plasma sanguin chez l'homme [Nucleic acids of human blood plasma] // *C. R. Seances Soc. Biol. Fil.* 1948;142(3-4): 241-243.
 27. Mayer J., Beck J., Solter J.T., Wemheuer W., Schütz E., Brenig B. Analysis of circulating DNA distribution in pregnant and nonpregnant dairy cows. *Biol Reprod.* 2013 Feb 7;88(2):29. doi: 10.1095/biolreprod.112.103168
 28. Melbouci D., Haidar Ahmad A., Decker P. Neutrophil extracellular traps (NET): not only antimicrobial but also modulators of innate and adaptive immunities in inflammatory autoimmune diseases. *RMD Open.* 2023 Aug;9(3):e003104. doi: 10.1136/rmdopen-2023-003104
 29. Mo L., Wu H., Zhang M., Zhang P., Peng W., He Y., Gao F. The mechanism of oxidative stress in asthenozoospermia and antioxidant strategies: a review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2025 Oct 1;16:1670762. doi: 10.3389/fendo.2025
 30. Muraoka A., Yokoi A., Yoshida K., Kitagawa M., Asano-Inami E., Murakami M., Bayasula, Miyake N., Nakanishi N., Nakamura T., Osuka S., Iwase A., Kajiya H. Small extracellular vesicles in follicular fluids for predicting reproductive outcomes in assisted reproductive technology. *Commun Med (Lond).* 2024 Feb 28;4(1):33. doi: 10.1038/s43856-024-00460-8
 31. O'Gorman A., Wallace M., Cottell E., Gibney M.J., McAuliffe F.M., Wingfield M., Brennan L. Metabolic profiling of human follicular fluid identifies potential biomarkers of oocyte developmental competence. *Reproduction.* 2013 Aug 21;146(4):389-95. doi: 10.1530/REP-13-0184
 32. Ponti G., Manfredini M., Tomasi A. Non-blood sources of cell-free DNA for cancer molecular profiling in clinical pathology and oncology. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2019 Sep;141:36-42. doi: 10.1016/j.critrevonc.2019.06.005
 33. Qasemi M., Mahdian R., Amidi F. Cell-free DNA discoveries in human reproductive medicine: providing a new tool for biomarker and genetic assays in ART. *J Assist Reprod Genet.* 2021 Feb;38(2):277-288. doi: 10.1007/s10815-020-02038-4
 34. Snyder M.W., Kircher M., Hill A.J., Daza R.M., Shendure J. Cell-free DNA Comprises an In Vivo Nucleosome Footprint that Informs Its Tissues-Of-Origin. *Cell.* 2016 Jan 14;164(1-2):57-68. doi: 10.1016/j.cell.2015.11.050
 35. Ting Ding, Yanjun Diao, Ruiqing Fu, Chengxiang Gong, Qiye He, Weixiang He, Longlong Zhang, Xiaojian Yang, Xianfei Zeng, Lijuan Yu, Jiayun Liu, Weimei Shi, Kang Zhang, Xiaoke Hao The significance of urine extracellular vesicle DNA methylation detection in the diagnosis and classification of prostate cancer, *Journal of Advanced Research*, 2025 doi: 10.1016/j.jare.2025.09.056
 36. Tomic M., Vrtacnik Bokal E., Stimpfel M. Non-Invasive Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy and the Mystery of Genetic Material: A Review Article. *Int J Mol Sci.* 2022 Mar 25;23(7):3568. doi: 10.3390/ijms23073568
 37. Trumpff C., Michelson J., Lagranha C.J., Taleon V., Karan K.R., Sturm G., Lindqvist D., Fernström J., Moser D., Kaufman B.A., Picard M. Stress and circulating cell-free mitochondrial DNA: A systematic review of human studies, physiological considerations, and technical recommendations. *Mitochondrion.* 2021 Jul;59:225-245. doi: 10.1016/j.mito.2021.04.002
 38. Tsering, T., Nadeau, A., Wu, T. et al. Extracellular vesicle-associated DNA: ten years since its discovery in human blood. *Cell Death Dis* 15, 668 (2024). doi: 10.1038/s41419-024-07003-y
 39. Wang Y., Li T., Xue W., Zheng Y., Wang Y., Zhang N., Zhao Y., Wang J., Li Y., Wang C., Hu W. Physicochemical and Biological Insights into the Molecular Interactions Between Extracellular DNA and Exopolysaccharides in *Myxococcus xanthus* Biofilms. *Front Microbiol.* 2022 Apr 22;13:861865. doi: 10.3389/fmicb.2022.861865
 40. Xu W., Lu J., Zhao Q., Wu J., Sun J., Han B., Zhao X., Kang Y. Genome-Wide Plasma Cell-Free DNA Methylation

Profiling Identifies Potential Biomarkers for Lung Cancer. *Dis Markers*. 2019 Feb 5;2019:4108474. doi: 10.1155/2019/4108474

41. Yichun Guan, Wenjuan Zhang, Xingling Wang, Pengfei Cai, Qi Jia, Wenjie Zhao, Cell-free DNA induced apoptosis of granulosa cells by oxidative stress, *Clinica Chimica Acta*, Volume 473, 2017, doi: 10.1016/j.cca.2016.11.023
42. Zingerenko B.V., Makarova N.P., Kokoeva D.N. et al. Assessment of Extracellular Genomic and Mitochondrial DNA in Follicular Fluid of Women Depending on the Type of Final Oocyte Maturation Trigger in ART Programs. *Bull Exp Biol Med* 179, 123–126 (2025). doi: 10.1007/s10517-025-06445-4
43. Bustin S.A., Benes V., Garson J.A., Hellemans J., Huggett J., Kubista M., Mueller R., Nolan T., Pfaffl M.W., Shipley G.L., Vandesompele J., Wittwer C.T. The MIQE guidelines: minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments. *Clin Chem*. 2009 Apr;55(4):611–22. doi: 10.1373/clinchem.2008.112797
44. ISO 20186-2-2019 Molecular in vitro diagnostic examinations — Specifications for pre-examination processes for venous whole blood — Part 2: Isolated genomic DNA.

REFERENCES

1. Bryzgunova O.E., Laktionov P.P. Modern methods for analyzing extracellular DNA methylation. *Mol Biol (Moscow)*. March–April 2017; 51(2):195–214. (in Russ) doi: 10.7868/S0026898417010074
2. Vashukova E.S., Tarasenko O.A., Maltseva A.R., et al. Relationship between clinical and anamnestic data and the level of extracellular fetal DNA assessed by semiconductor sequencing as part of non-invasive prenatal testing. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2024;18(6):820–834. (in Russ) doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.546
3. Gracheva M.I., Kan N.E., Krasny A.M. The role of extracellular fetal DNA in the early diagnosis of pregnancy complications. *Obstetrics and Gynecology*. 2016; 10: 5–10. (in Russ) doi: 10.18565/aig.2016.10.5-10
4. Kisina T.E., Vorobyeva N.A. Extracellular traps: a new function of neutrophils and their role in inflammation and hemostasis. *Bulletin of SurGU. Medicine*. 2024;(4). (in Russ) doi: 10.35266/2949-3447-2024-4-9
5. Kondratskaya V.A., Pokrovskaya M.S., Doludin Yu.V. et al. Influence of pre-analytical variables on the quality of cell-free DNA. Biobanking of material for cell-free DNA isolation. *KVT&P*. 2021;(8). (in Russ) doi: 10.15829/1728-8800-2021-3114
6. Lisitsyna O.I., Dolgushina N.V., Makarova N.P., Burmenskaya O.V. Mitochondrial DNA as a marker of gamete and embryo quality in assisted reproductive technology programs. *Obstetrics and Gynecology*. 2023; 7: 20–26. (in Russ) doi: 10.18565/aig.2023.94
7. Salieva K.R. Study of changes in the methylation levels of circulating DNA sequences in blood in response to therapy for rectal cancer: Master's thesis: 06.04.01. Tomsk. 2022: 58 p. (in Russ)
8. Aitken RJ, Lewis SEM. DNA damage in testicular germ cells and spermatozoa. When and how is it induced? How should we measure it? What does it mean? *Andrology*. 2023 Nov;11(8):1545–1557. DOI: 10.1111/andr.13375.
9. Aucamp J., Bronkhorst A.J., Badenhorst C.P.S., Pretorius P.J. The diverse origins of circulating cell-free DNA in the human body: a critical re-evaluation of literature. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 2018 Aug;93(3):1649–1683. doi: 10.1111/brv.12413
10. Barranco I., Sanchez-López C.M., Bucci D., Alvarez-Barrientos A., Rodriguez-Martinez H., Marcilla A., Roca J. The Proteome of Large or Small Extracellular Vesicles in Pig Seminal Plasma Differs, Defining Sources and Biological Functions. *Mol Cell Proteomics*. 2023 Apr;22(4):100514. doi: 10.1016/j.mcpro
11. Caamaño D., Cabezas J., Aguilera C., Martinez I., Wong Y.S., Sagredo D.S., Ibañez B., Rodriguez S., Castro F.O., Rodriguez-Alvarez L. DNA Content in Embryonic Extracellular Vesicles Is Independent of the Apoptotic Rate in Bovine Embryos Produced In Vitro. *Animals (Basel)*. 2024 Mar 29;14(7):1041. doi: 10.3390/ani14071041
12. Chen Y., Liu Y., Shi Y., Ping J., Wu J., Chen H. Magnetic particles for integrated nucleic acid purification, amplification and detection without pipetting. *Trends AnalYT Chem*. 2020 Jun;127:115912. doi: 10.1016/j.trac.2020.115912
13. de Miranda F.S., Barauna V.G., Dos Santos L., Costa G., Vassallo P.F., Campos L.C.G. Properties and Application of Cell-Free DNA as a Clinical Biomarker. *Int J Mol Sci*. 2021 Aug 24;22(17):9110. doi: 10.3390/ijms22179110
14. Dimopoulou M., Anifandis G., Messini C.I., Dafopoulos K., Kouris S., Sotiriou S., Satra M., Vamvakopoulos N., Messinis I.E. Follicular fluid oocyte/cumulus-free DNA concentrations as a potential biomolecular marker of embryo quality and IVF outcome. *Biomed Res Int*. 2014;2014:289306. doi: 10.1155/2014/289306
15. Erler T., Droop F., Lübbert C., Knobloch J.K., Carlsen L., Papan C., Schwanz T., Zweigner J., Dengler J., Hoffmann M., Muters N.T., Savin M. Analysing carbapenemases in hospital wastewater: Insights from intracellular and extracellular DNA using qPCR and digital PCR. *Sci Total Environ*. 2024 Nov 10;950:175344. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175344
16. Fernández-Domínguez I.J., Manzo-Merino J., Taja-Chayeb L., Dueñas-González A., Pérez-Cárdenas E., Trejo-Becerril C. The role of extracellular DNA (exDNA) in cellular processes. *Cancer Biol Ther*. 2021 Apr 3;22(4):267–278. doi: 10.1080/15384047.2021.1890319
17. Gokyer D., Salpeter N., Hughes L., Lee H.C., Lohman M.J., Atazhanova T., Kleinhans A., Riley J.K., Pavone M., Duncan F.E., Zaniker-Gomez E., Babayev E. Collection of Human Follicular Fluid, Follicle Somatic Cells, and Immature Oocytes from Individuals Undergoing In Vitro Fertilization. *J Vis Exp*. 2025 Oct 24;(224). doi: 10.3791/69122
18. Handayani N., Aubry D., Boediono A., Wiweko B., Sirait B., Sini I., Polim A.A., Dwiranti A., Bowolaksone A. The origin and possible mechanism of embryonic cell-free DNA release in spent embryo culture media: a review. *J Assist Reprod Genet*. 2023 Jun;40(6):1231–1242. doi: 10.1007/s10815-023-02813-z
19. Ichikawa K., Shibahara H., Shirasuna K., Kuwayama T., Iwata H. Cell-free DNA content in follicular fluid: A marker for the developmental ability of porcine oocytes. *Reprod Med Biol*. 2019 Dec 21;19(1):95–103. doi: 10.1002/rmb2.12309
20. Jiang C., Fu Y., Liu G., Shu B., Davis J., Tofaris G.K. Multiplexed Profiling of Extracellular Vesicles for Biomarker Development. *Nanomicro Lett*. 2021 Dec 2;14(1):3. doi: 10.1007/s40820-021-00753-w
21. Kobayashi M., Ito J., Shirasuna K., Kuwayama T., Iwata H. Comparative analysis of cell-free DNA content in culture medium and mitochondrial DNA copy number in porcine parthenogenetically activated embryos. *J Reprod Dev*. 2020 Dec 22;66(6):539–546. doi: 10.1262/jrd.2020-097
22. Kobayashi M., Kobayashi J., Shirasuna K., Iwata H. Abundance of cell-free mitochondrial DNA in spent culture medium associated with morphokinetics and blastocyst collapse of expanded blastocysts. *Reprod Med Biol*. 2020 Aug 11;19(4):404–414. doi: 10.1002/rmb2.12344
23. Lee S.E., Park H.Y., Hur J.Y., Kim H.J., Kim I.A., Kim W.S., Lee K.Y. Genomic profiling of extracellular vesicle-derived DNA from bronchoalveolar lavage fluid of patients with lung adenocarcinoma. *Transl Lung Cancer Res*. 2021 Jan;10(1):104–116. doi: 10.21037/tlcr-20-888

24. Leest P.V., Boonstra P.A., Elst A.T., Kempen L.C.V., Tibbesma M., Koopmans J., Miedema A., Tamminga M., Groen H.J.M., Reyners A.K.L., Schuurin E. Comparison of Circulating Cell-Free DNA Extraction Methods for Downstream Analysis in Cancer Patients. *Cancers* (Basel). 2020 May 13;12(5):1222. doi: 10.3390/cancers12051222
25. Liu W., Lu Q., Xie W. et al. Characterization of Ultra-Short plasma Cell-Free DNA in maternal blood and its preliminary potential as a screening marker for pre-eclampsia. *Mol Med* 31, 256 (2025). doi: 10.1186/s10020-025-01307-1
26. Mandel P., Metais P. Les acides nucléiques du plasma sanguin chez l'homme [Nucleic acids of human blood plasma] // *C. R. Seances Soc. Biol. Fil.* 1948;142(3-4): 241–243.
27. Mayer J., Beck J., Soller J.T., Wemheuer W., Schütz E., Brenig B. Analysis of circulating DNA distribution in pregnant and nonpregnant dairy cows. *Biol Reprod.* 2013 Feb 7;88(2):29. doi: 10.1095/biolreprod.112.103168
28. Melbouci D., Haidar Ahmad A., Decker P. Neutrophil extracellular traps (NET): not only antimicrobial but also modulators of innate and adaptive immunities in inflammatory autoimmune diseases. *RMD Open.* 2023 Aug;9(3):e003104. doi: 10.1136/rmdopen-2023-003104
29. Mo L., Wu H., Zhang M., Zhang P., Peng W., He Y., Gao F. The mechanism of oxidative stress in asthenozoospermia and antioxidant strategies: a review. *Front Endocrinol* (Lausanne). 2025 Oct 1;16:1670762. doi: 10.3389/fendo.2025
30. Muraoka A., Yokoi A., Yoshida K., Kitagawa M., Asano-Inami E., Murakami M., Bayasula, Miyake N., Nakanishi N., Nakamura T., Osuka S., Iwase A., Kajiyama H. Small extracellular vesicles in follicular fluids for predicting reproductive outcomes in assisted reproductive technology. *Commun Med* (Lond). 2024 Feb 28;4(1):33. doi: 10.1038/s43856-024-00460-8
31. O'Gorman A., Wallace M., Cottell E., Gibney M.J., McAuliffe F.M., Wingfield M., Brennan L. Metabolic profiling of human follicular fluid identifies potential biomarkers of oocyte developmental competence. *Reproduction.* 2013 Aug 21;146(4):389-95. doi: 10.1530/REP-13-0184
32. Ponti G., Manfredini M., Tomasi A. Non-blood sources of cell-free DNA for cancer molecular profiling in clinical pathology and oncology. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2019 Sep;141:36-42. doi: 10.1016/j.critrevonc.2019.06.005
33. Qasemi M., Mahdian R., Amidi F. Cell-free DNA discoveries in human reproductive medicine: providing a new tool for biomarker and genetic assays in ART. *J Assist Reprod Genet.* 2021 Feb;38(2):277-288. doi: 10.1007/s10815-020-02038-4
34. Snyder M.W., Kircher M., Hill A.J., Daza R.M., Shendure J. Cell-free DNA Comprises an In Vivo Nucleosome Footprint that Informs Its Tissues-Of-Origin. *Cell.* 2016 Jan 14;164(1-2):57-68. doi: 10.1016/j.cell.2015.11.050
35. Ting Ding, Yanjun Diao, Ruiqing Fu, Chengxiang Gong, Qiye He, Weixiang He, Longlong Zhang, Xiaojian Yang, Xianfei Zeng, Lijuan Yu, Jiayun Liu, Weimei Shi, Kang Zhang, Xiaoke Hao The significance of urine extracellular vesicle DNA methylation detection in the diagnosis and classification of prostate cancer, *Journal of Advanced Research*, 2025 doi: 10.1016/j.jare.2025.09.056
36. Tomic M., Vrtacnik Bokal E., Stimpfel M. Non-Invasive Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy and the Mystery of Genetic Material: A Review Article. *Int J Mol Sci.* 2022 Mar 25;23(7):3568. doi: 10.3390/ijms23073568
37. Trumpff C., Michelson J., Lagranha C.J., Taleon V., Karan K.R., Sturm G., Lindqvist D., Fernström J., Moser D., Kaufman B.A., Picard M. Stress and circulating cell-free mitochondrial DNA: A systematic review of human studies, physiological considerations, and technical recommendations. *Mitochondrion.* 2021 Jul;59:225-245. doi: j.mito.2021.04.002
38. Tsering, T., Nadeau, A., Wu, T. et al. Extracellular vesicle-associated DNA: ten years since its discovery in human blood. *Cell Death Dis* 15, 668 (2024). doi: 10.1038/s41419-024-07003-y
39. Wang Y., Li T., Xue W., Zheng Y., Wang Y., Zhang N., Zhao Y., Wang J., Li Y., Wang C., Hu W. Physicochemical and Biological Insights into the Molecular Interactions Between Extracellular DNA and Exopolysaccharides in *Myxococcus xanthus* Biofilms. *Front Microbiol.* 2022 Apr 22;13:861865. doi: 10.3389/fmicb.2022.861865
40. Xu W., Lu J., Zhao Q., Wu J., Sun J., Han B., Zhao X., Kang Y. Genome-Wide Plasma Cell-Free DNA Methylation Profiling Identifies Potential Biomarkers for Lung Cancer. *Dis Markers.* 2019 Feb 5;2019:4108474. doi: 10.1155/2019/4108474
41. Yichun Guan, Wenjuan Zhang, Xingling Wang, Pengfei Cai, Qi Jia, Wenjie Zhao, Cell-free DNA induced apoptosis of granulosa cells by oxidative stress, *Clinica Chimica Acta*, Volume 473, 2017, doi: 10.1016/j.cca.2016.11.023
42. Zingerenko B.V., Makarova N.P., Kokoeva D.N. et al. Assessment of Extracellular Genomic and Mitochondrial DNA in Follicular Fluid of Women Depending on the Type of Final Oocyte Maturation Trigger in ART Programs. *Bull Exp Biol Med* 179, 123–126 (2025). doi: 10.1007/s10517-025-06445-4
43. Bustin S.A., Benes V., Garson J.A., Hellemans J., Huggett J., Kubista M., Mueller R., Nolan T., Pfaffl M.W., Shipley G.L., Vandesompele J., Wittwer C.T. The MIQE guidelines: minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments. *Clin Chem.* 2009 Apr;55(4):611-22. doi: 10.1373/clinchem.2008.112797
44. ISO 20186-2-2019 Molecular in vitro diagnostic examinations — Specifications for pre-examination processes for venous whole blood — Part 2: Isolated genomic DNA.

Поступила в редакцию / Received: 26.03.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 20.05.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЕЛЕЗЕНКИ КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ АЭРОМОНОЗЕ

Елизавета Дмитриевна Бакулина^{1✉}, Елена Владимировна Семенова², Софья Олеговна Караулова³,
Алёна Дмитриевна Вострикова⁴, Евгений Владимирович Михайлов⁵

^{1,2,5}Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии,
Российская Федерация

^{1,3,4}Воронежский государственный университет, Российская Федерация

¹старший лаборант лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и функционирования живых систем, e-mail: limyrlimyravich@yandex.ru, orcid.org/0009-0008-4802-020X

²младший научный сотрудник лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и функционирования живых систем, orcid.org/0000-0003-3675-5467

³инженер-биолог, orcid.org/0009-0004-4138-9814

⁴инженер-биолог, orcid.org/0009-0003-7419-0994

⁵канд. ветеринар. наук, ведущий научный сотрудник, orcid.org/0000-0001-5457-1325

РЕФЕРАТ

Хронический аэромоноз является одной из ключевых патологий карпа обыкновенного в условиях интенсивного рыбоводства, сопровождающейся скрытыми нарушениями иммунного и метаболического статуса. Целью работы являлся комплексный анализ уровня экспрессии генов иммунного статуса, антиоксидантной защиты и липидного обмена у карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при хронической форме заболевания. Установлено достоверное снижение экспрессии провоспалительных цитокинов il-1 β (в 18,5 раза), il-8 (в 12,7 раза) и il-4 (в 7,1 раза) на фоне тенденции к повышению il-12 и ifn- γ , свидетельствующей компенсаторном сдвиге в сторону клеточного иммунного ответа. Выявленное достоверное подавление экспрессии генов антиоксидантной защиты sod1 (на 58,7%), cat (в 5,9 раза) и гена липидного обмена fasn (в 14,6 раза) при тенденции к повышению ррага может указывать на переключение клеточного метаболизма в сторону β -окисления жирных кислот. Совокупность полученных данных позволяет предположить, что иммунная недостаточность при хроническом аэромонозе обусловлена не столько прямым действием *Aeromonas spp.*, сколько истощением антиоксидантных и биоэнергетических ресурсов организма.

Ключевые слова: аэромонозная инфекция, карповые, иммунный статус, окислительный стресс, липидный обмен.

Для цитирования: Бакулина Е.Д., Семенова Е.В., Караулова С.О., Вострикова А.Д., Михайлов Е.В. Молекулярные изменения селезенки карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при хроническом аэромонозе. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:206-211. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.206>

MOLECULAR CHANGES IN THE SPLEEN OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*) WITH CHRONIC AEROMONOSIS

Elizaveta D. Bakulina^{1✉}, Elena V. Semenova², Sofya O. Karaulova³, Alyona D. Vostrikova⁴, Evgeny V. Mikhailov⁵

^{1,2,5}All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Federation
^{1,3,4}Voronezh State University, Russian Federation

¹Senior Laboratory Assistant, Laboratory of Innovative Recombinant Proteomics Preparations, Department of Experimental Pharmacology and Functioning of Living Systems, e-mail: limyrlimyravich@yandex.ru, orcid.org/0009-0008-4802-020X

²Junior Researcher, Laboratory of Innovative Recombinant Proteomics Preparations, Department of Experimental Pharmacology and Functioning of Living Systems, orcid.org/0000-0003-3675-5467

³Biologist-Engineer, orcid.org/0009-0004-4138-9814

⁴Biologist-Engineer, orcid.org/0009-0003-7419-0994

⁵Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher, orcid.org/0000-0001-5457-1325

ABSTRACT

Chronic aeromoniasis is one of the key pathologies of common carp under intensive aquaculture conditions, accompanied by latent impairments of immune and metabolic status. The aim of the study was a comprehensive analysis of the expression levels of genes related to immune status, antioxidant defense, and lipid metabolism of common carp (*Cyprinus carpio*) in the chronic form of the disease. A statistically significant decrease in the expression of pro-inflammatory cytokines il-1 β (by 18.5 times), il-8 (by 12.7 times), and il-4 (by 7.1 times) was established against the background of a tendency toward an increase in il-12 and ifn- γ , indicative of a compensatory shift toward a cellular immune response. The identified statistically significant suppression of the expression of antioxidant defense genes sod1 (by 58.7%), cat (by 5.9 times), and the lipid me-

tabolism gene *fasn* (by 14.6 times), combined with a tendency toward an increase in *ppar α* , may indicate a switch in cellular metabolism toward β -oxidation of fatty acids. The totality of the obtained data suggests that immune deficiency in chronic aeromoniasis is attributable not so much to the direct action of *Aeromonas spp.* as to the depletion of the antioxidant and bioenergetic resources of the organism. At the same time, in some cases, this condition may be caused by activation of the cellular immune response, representing an adaptive but insufficient reaction of the organism.

Key words: *Aeromonas* infection, cyprinids, immune status, oxidative stress, lipid metabolism.

For citation: Bakulina E.D., Semenova E.V., Karaulova S.O., Vostrikova A.D., Mikhailov E.V. Molecular changes in the spleen of common carp (*Cyprinus carpio*) during chronic aeromonosis. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:206-211. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.206>

ВВЕДЕНИЕ

Аэромоноз является одним из наиболее распространенных инфекционных заболеваний пресноводных рыб, наносящих экономический ущерб рыбохозяйственной отрасли [1]. Возбудители заболевания, бактерии рода *Aeromonas spp.*, широко представлены в пресноводных экосистемах и способны вызывать как острые геморрагические септицемии, так и хронические формы инфекции [2]. Хроническое течение аэромоноза представляет особую проблему в условиях интенсивного рыбодоводства, поскольку сопряжено со скрытыми потерями продуктивности, ослаблением резистентности рыб и формированием носительства. Карп обыкновенный (*Cyprinus carpio*), являясь одним из ведущих объектов аквакультуры, представляет значимую модель для изучения патогенетических механизмов данного заболевания [4].

Центральное место среди органов иммунной системы костистых рыб занимает селезенка, выполняющая функции кроветворения, фагоцитоза и формирования адаптивного иммунного ответа, а также синтеза цитокинов – молекулярных медиаторов, определяющих характер и интенсивность воспалительной реакции [3]. Важнейшими компонентами клеточной защиты при этом выступают ферментативные системы антиоксидантного статуса, в частности супероксиддисмутаза (SOD1), каталаза (CAT) и глутатионпероксидаза (GPX1), нейтрализующие активные формы кислорода, накапливающиеся в условиях воспаления [5]. Истощение данных систем ведет к окислительному повреждению иммунных клеток и нарушению их функциональной активности. Параллельно в очаге хронической инфекции происходит перестройка липидного обмена. Ферменты синтеза жирных кислот (FASN) и липопротеинлипаза (LPL) определяют баланс между анаболическими и катаболическими путями метаболизма липидов [7], тогда как ядерный рецептор PPAR α регулирует переключение клеточной биоэнергетики в сторону β -окисления [6].

Цель исследования — проведение комплексного анализа молекулярных изменений селезенки карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при хроническом аэромонозе путем оценки уровня экспрессии генов цитокинового профиля, антиоксидантной защиты и липидного обмена

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования выступали самцы карпов-двухлесток (*Cyprinus carpio*) массой 800±40 г., выращенных специализированном хозяйстве Воронежской области. Лабораторные исследования

выполнены в ФГБНУ «ВНИИПФит».

Перед экспериментом шестнадцать особей содержались в аквариумах объемом 250 литров в течение двух недель для акклиматизации в лабораторных условиях. Рыб содержали в стабильной среде: температура воды поддерживалась в диапазоне 24–26 °С, обеспечивалась постоянная аэрация и естественный световой режим (10 часов освещения люминесцентными лампами и 14 часов темноты). Кормление осуществлялось дважды в сутки сбалансированным комбикормом из расчета 3% от общей биомассы для предотвращения воздействия дополнительных стрессоров. Для поддержания качества воды ежедневно производилась замена 30 % ее объема, а также откачка остатков корма и фекалий рыбы.

Для проведения исследования карпы были разделены на 2 группы. Контрольную группу (n=8) формировали из особей, не имевших внешних патологических признаков; отсутствие инфекционных возбудителей у рыб данной группы подтверждали посредством микробиологического анализа проб воды из соответствующего аквариума. Особи опытной группы (n=8) подвергались заражению *Aeromonas hydrophila* (штамм ATCC® 7966) («ХимМед», Россия). Заражение карповых проводили по методике [15] с небольшими изменениями: для усиления патогенного воздействия *A. hydrophila* предварительно анестезировали 100 мг/л MS-222 («Экотек», Россия) и выполняли скарификацию кожных покровов рыб. Продолжительность периода наблюдения составила 35 суток. На протяжении всего эксперимента смертности у опытной и контрольной групп не наблюдалось. Наличие аэромонозной инфекции подтверждалось путем микробиологического анализа водных образцов и посева тканей внутренних органов, взятых после умерщвления животных. Рыб умерщвляли в растворе MS-222 (200 мг/л) («Экотек», Россия).

Для исследования уровня экспрессии генов в селезенке отобранный материал незамедлительно помещали в водный фиксатор IntactRNA («Евроген», Россия) с последующим хранением при температуре –20 °С. Экстракция тотальной РНК из образцов тканей проводили набором «РНК-Экстран» («Синтол», Россия). Качество выделенной РНК оценивали в 2% агарозном геле, а также спектрофотометрически на приборе Shimadzu UV-1800 с определением соотношений A260/280 для оценки чистоты РНК. Выполнение обратной транскрипции осуществляли набором MMLV RT kit («Евроген», Россия) согласно про-

токолу, заявленному производителем. Постановка ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторе DTLite 4S1 («ДНК-Технология», Россия) с добавлением красителя SYBR Green («Евроген», Россия). Протокол включал следующие этапы: первичная денатурация - 95°C, 5 мин, далее 38 циклов, каждый из которых включал: денатурация - 95°C 20 сек., отжиг - 58°C 30 сек., элонгация - 72°C 30 сек. Относительные уровни экспрессии мРНК рассчитывали по формуле $2^{-\Delta\Delta Cq}$. Праймеры для определения уровня экспрессии представлены в таблице 1.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программного обеспечения STATISTICA 12 (StatSoft Inc., США). Первый этап включал проверку распределения анализируемых данных на нормальность с помощью теста Шапиро-Уилка. Поскольку данные отличались от нормального распределения, сравнение между группами проводилось с использованием критерием Краскела-Уоллиса. Результаты представлены в виде средних значений $\pm$ стандартная ошибка среднего.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На фоне хронического аэромоноза отмечалось достоверное снижение уровня экспрессии *il-1 β* в 18,5 раза, *il-4* в 7,1 раза (оба $p < 0,05$), а также *il-8* в 12,7 раза ($p < 0,01$). Наряду с этим наблюдалась тенденция к снижению экспрессии *il-10*, однако данное изменение не достигало статистической значимости ($p = 0,08$). В отношении *il-12* и *ifn- γ* выявлена тенденция к повышению экспрессии (рис. 1).

Подавление *il-1 β* и *il-8* наиболее вероятно объясняется иммунным истощением, характерного для хронических бактериальных инфекций, где длительная антигенная стимуляция приводит к супрессии иммунокомпетентных клеток и снижению их цитокиносинтезирующей активности. При этом фагоцитарная функция клеток в значительной мере сохраняется, тогда как синтез провоспалительных медиаторов резко угнетается [8]. Параллельное снижение *il-4* и тенденция к снижению *il-10* свидетельствуют о подавлении не только острой фазы воспаления, но и иммуномодулирующей связи [9].

Существенную роль играют и факторы патогенности самого возбудителя. *Aeromonas* spp. продуцирует протеазы, аэролизин, липополиса-

хариды и S-слой, которые способны подавлять NF- κ B-опосредованную транскрипцию провоспалительных цитокинов, формируя тем самым условия для персистенции [10].

Относительное повышение экспрессии *il-12* и *ifn- γ* предполагает компенсаторный сдвиг в сторону клеточного иммунитета. Утрата способности к нейтрофил-опосредованному устранению патогена, о которой свидетельствует снижение уровня *il-8*, по всей видимости, обуславливает перестройку иммунной системы на противодействие хронической бактериальной инфекции [11]. Данный механизм переключения согласуется с известной моделью активации макрофагального ответа и может рассматриваться как адаптивный, хотя и недостаточный, иммунный ответ хозяина [12]. Стоит отметить, что при хронических или затяжных инфекциях вырабатываются защитные антитела, которые замедляют прогрессирование заболевания, снижают его тяжесть и защищают от повторного заражения [9].

Помимо этого, наблюдалось достоверное снижение уровня *sod1* на 58,7% ($p < 0,05$), *cat* и *fasn* в 5,9 и 14,6 раза соответственно (оба $p < 0,01$), наряду с тенденцией к увеличению *ppara*, что формирует метаболическую основу иммуносупрессии при хроническом течении аэромоноза (рис. 2).

Наблюдаемая картина экспрессии генов в селезенке карпа при хроническом аэромонозе отражает два взаимосвязанных патологических процесса. С одной стороны, снижение экспрессии *sod1*, *cat* и *gpx1* указывает на истощение ключевых ферментативных систем нейтрализации активных форм кислорода, что неизбежно приводит к накоплению окислительного стресса в иммунных клетках и повреждению их функций [13]. Одновременное снижение экспрессии всех трех компонентов этой системы означает, ни одна стадия детоксикации не компенсирует потерю другой, и в клетках накапливаются активные формы кислорода в токсических концентрациях.

С другой стороны, параллельно происходит глубокое перепрограммирование липидного метаболизма. Подавление *fasn* и *lpl* при одновременной тенденции к росту *ppara* может свидетельствовать о смещении клеточного метаболизма от анаболических процессов, синтеза жирных

Таблица 1. Последовательности праймеров для оценки уровня экспрессии генов у карпа обыкновенного.
Table 1. Primer sequences for the assessment of gene expression levels in common carp

Название гена / Gene name	Прямой праймер 5'-3' / Forward primer 5'-3'	Обратный праймер 5'-3' / Reverse primer 5'-3'
<i>il-1β</i>	AAGGAGGCCAGTGGCTCTGT	CCTGAAGAAGAGGAGGCTGTCA
<i>il-4</i>	CAAAACACAAAGCGGGACAAA	GCAGCCCACTGGAGGAAATA
<i>il-8</i>	GTCTTAGAGGACTGGGTGTA	ACAGTGTGAGCTTGGAGGGA
<i>il1r1</i>	ACGCCACCAAGAGCCTTTTA	GCAGCCCATATTTGGTCAGA
<i>ifn-γ</i>	GTCGCTGCTGCTTGATAGAA	CTGAAGCTCCCTCCATACTT
<i>il-10</i>	GACTGTTGCTCATTTGTGGA	GAGGCTAGATACTGCTCGATGT
<i>il-12</i>	CGGGATCCATCAAGAATACTCTGAGAAAG	CCAAGCTTTTCAGGTTGATGCGCTC
<i>cat</i>	AAAATCCCGAGAGTAGCATGTAAAC	CGACCTCAGCGGAATAGTTG
<i>gpx1</i>	TGCAACCAAGTTCGGACATCA	GAAGCCATTTCCAGGACGGA
<i>lpl</i>	CGCTCCATTACCTGTTTCAT	GCTGAGACACATGCCCTTATT
<i>fasn</i>	GACAGGCCGCTATTGCTATT	TGCCGTAAGCTGAGGAAATC
<i>ppara</i>	CATGTCCCACAACGCTATC	TGTCTGAGGTAGGCTTCAT
<i>β-actin</i>	CAAGGCCAACAGGGAAAAGA	AGGCATACAGGGACAGCACA

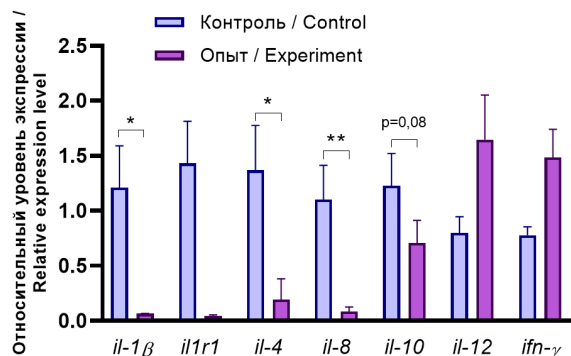


Рисунок 1. Относительный уровень экспрессии генов иммунного статуса в селезёнке карпа обыкновенного при хроническом аэромонозе, * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Figure 1. Relative expression level of immune status genes in the spleen of common carp with chronic aeromonosis, * - $p < 0.05$; ** - $p < 0.01$

кислот и поглощения липопротеинов, к катаболическому пути β -окисления жирных кислот как альтернативного источника энергии в условиях хронической инфекции [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На молекулярном уровне установлено нарушение регуляции цитокинового профиля, выражающееся в достоверном подавлении экспрессии il-1 β , il-8 и il-4 и тенденции к повышению il-12 и ifn- γ , что отражает состояние иммунного истощения, развивающегося при длительной антигенной стимуляции, либо говорит о компенсаторной активации макрофагального звена.

Существенным компонентом выявленных нарушений является истощение антиоксидант-

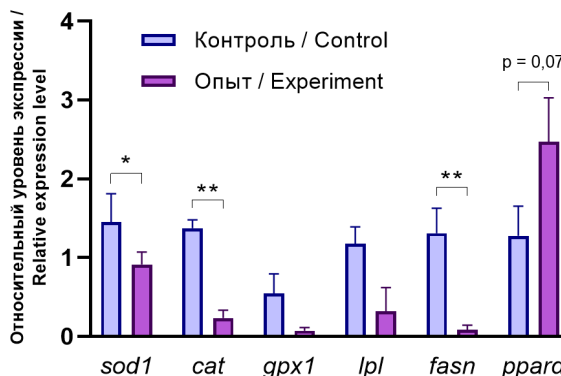


Рисунок 2. Относительный уровень экспрессии генов антиоксидантного статуса и липидного обмена в селезёнке карпа обыкновенного при хроническом аэромонозе, * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Figure 2. Relative expression level of antioxidant status and lipid metabolism genes in the spleen of common carp with chronic aeromonosis, * - $p < 0.05$; ** - $p < 0.01$

ных систем. Снижение экспрессии sod1, cat и gpx1 свидетельствует о нарушении этапов детоксикации активных форм кислорода и накоплении окислительного стресса в иммунокомпетентных клетках органа. Подавление fasn и lpl при тенденции к активации ppara может указывать на переключение клеточной биоэнергетики с анаболических процессов на β -окисление жирных кислот, что ограничивает пролиферативный и функциональный потенциал иммунных клеток.

Таким образом, полученные данные указывают на сочетание иммунного дисбаланса, снижения экспрессии генов антиоксидантной защиты и перестройки липидного обмена при хроническом аэромонозе карпа обыкновенного.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Никифоров-Никишин Д.Л., Гаврилин К.В., Кочетков Н.И., Гаффарова В.М., Гладыш Н.С., Гречишкина П.С. Подвижные аэромонады (*Aeromonas spp.*) в аквакультуре: этиология, факторы вирулентности и современные стратегии контроля. Рыбное хозяйство. 2026;1(1):64-76. DOI 10.36038/0131-6184-2026-1-64-76
2. Басанкина В.М., Пруцаков С.В., Басанкин А.В. Аэромоноз рыб: эпизоотологические особенности, клинические признаки, патологоанатомические изменения. Ветеринария Кубани. 2019;(2):21-23. DOI 10.33861/2071-8020-2019-2-22-24
3. Qian X., Wu J., Qiu J., Li Y., Zhang J., Xu X., Wang Y., Li Q. Preparation and application of monoclonal antibodies targeting IgM in Pearl Gentian Grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂). Fishes. 2026;11(3):160. DOI 10.3390/fishes11030160.
4. Semwal A., Kumar A., Kumar N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. Heliyon. 2023;9(3). DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14088
5. Ma W., Zeng W., Zhang D., Zhou Y., Huang Y., Hong Y. Oxidative stress in aquaculture: pathogenic mechanisms and preventive strategies in farmed aquatic animals. Current Issues in Molecular Biology. (11):873. DOI 10.3390/cimb47110873
6. Ширинский И.В., Ширинский В.С. Плейотропные свойства PPAR- α : от экспериментов к клинике. Медицинская иммунология. 2021;23(3):439-454. DOI 10.15789/1563-0625-PEO-2222
7. Che L., Paliogiannis P., Cigliano A., Pilo M.G., Chen X., Calvisi D.F. Pathogenetic, prognostic, and therapeutic role of fatty acid synthase in human hepatocellular carcinoma. Frontiers in Oncology. 2019;9:1412. DOI 10.3389/fonc.2019.01412
8. Suvarna K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques. Elsevier Health Sciences. 2018: 558 p. ISBN 978-0-7020-6864-5
9. Sukhovskaya I.V., Tsekova A.A., Kantserova N.P., Balan O.V., Kuchko T.Y., Matrosova S.V., Belyaev A.N., Lysenko L.A. LPS-Induced Inflammation and Preconditioning in Rainbow Trout: Markers of Innate Immunity and Oxidative Stress. Animals. 2025;15(24):3589. DOI 10.3390/ani15243589
10. Holzer A.S., Piazzon M.C., Barrett D., Bartholomew J.L., Sitjà-Bobadilla A. To React or Not to React: The Dilemma of Fish Immune Systems Facing Myxozoan Infections. Frontiers in Immunology. 2021;12:734238.

11. Chopra A.K., Xu X.-J., Ribardo D., Gonzalez M., Kuhl K., Peterson J.W., Houston C.W. The cytotoxic enterotoxin of *Aeromonas hydrophila* induces proinflammatory cytokine production and activates arachidonic acid metabolism in macrophages. *Infection and Immunity*. 2000;68(5):2808-2818. DOI 10.1128/iai.68.5.2808-2818.2000
12. Munang'andu H.M. Intracellular bacterial infections: a challenge for developing cellular mediated immunity vaccines for farmed fish. *Microorganisms*. 2018;6(2):33. DOI 10.3390/microorganisms6020033
13. Kumar J., Kumar M., Sharma S., Srivastava N., Singh R., Hussain M.A., Mazumder S. Th1–Th2 and M1–M2 interplay sculpt *Aeromonas hydrophila* pathogenesis in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2022;127:357-365. DOI 10.1016/j.fsi.2022.06.052
14. Cui J., Zhou Q., Yu M., Liu Y., Teng X., Gu X. 4-tert-butylphenol triggers common carp hepatocytes ferroptosis via oxidative stress, iron overload, SLC7A11/GSH/GPX4 axis, and ATF4/HSPA5/GPX4 axis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022;242:113944. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.113944
15. Bougarne N., Weyers B., Desmet S.J., Deckers J., Ray D.W., Staels B., De Bosscher K. Molecular actions of PPAR α in lipid metabolism and inflammation. *Endocrine Reviews*. 2018;39(5):760-802. DOI 10.1210/er.2018-00064
16. Никифоров-Никишин Д.Л., Гаврилин К.В., Кочетков Н.И., Головачева Н.А. Разработка экспериментальной модели аэромоноза рыб с использованием тест-объекта *Danio rerio*. Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2024;2:42-51
17. Волынкин Ю.Л. Морфофизиологический статус как отражение адаптационных возможностей организма рыб : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.13. Москва, 2008. 323 с.
18. Михайлов Е.В., Манжурина О.А., Степанов Е.М., Шабунин Б.В., Стрельников Н.А., Жукова В.В. Цито-гистологическая структура селезенки карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) при интенсивном типе выращивания. Ветеринарный Фармакологический Вестник. 2021;(3):138-149. DOI 10.17238/issn2541-8203.2021.3.138
19. Ribeiro H.J., Procópio M.S., Gomes J.M.M., Vieira F.O., Russo R.C., Balzuweit K., Chiarini-Garcia H., Santana Castro A.C., Rizzo E., Corrêa J.D. Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus*. *Cell and Tissue Research*. 2011;346(3):417-425. DOI 10.1007/s00441-011-1286-3
20. Al-Niaem K.S., Shnawa I.M.S., Al-Sa'adi B.A. The immunological response for spleen as biomarker against of *Aeromonas hydrophila* bacterial in *Cyprinus carpio* fish. *Basrah Journal of Veterinary Research*. 2015;15(2):306-315
21. Кривова А.В., Прохорова Т.М., Балашова А.В., Хаванский О.С. Диагностика аэромоноза карповых рыб. Вестник МичГАУ. 2025;(1).
22. Shen Z., Qi Y., Yu W., Li S., Liu Z., Li L., Zhu M., Gong C., Hu X. Grass Carp Reovirus (GCRV) infection activates the PERK-eIF2 α pathway to promote the viral replication. *Fish & Shellfish Immunology*. 2024;155:110020. DOI 10.1016/j.fsi.2024.110020
23. Померанцев Д.А. Аэромоноз карповых рыб в водоёмах с различной техногенной нагрузкой. Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2010;204:199-211.
24. Гринюк Е. С., Мкртчян М. Э., Сафронов Д. И. Морфо-физиологические показатели ранних этапов развития рыб. Редакционная коллегия. 2021:155.
25. Гринюк Е.С., Мкртчян М.Э. Морфологические особенности строения вкусовой почки у африканского клариевого сома. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023;(4):170-173.

REFERENCES

1. Nikiforov-Nikishin D.L., Gavrilin K.V., Kochetkov N.I., Gaffarova V.M., Gladys N.S., Grechishkina P.S. Motile aeromonads (*Aeromonas spp.*) in aquaculture: etiology, virulence factors, and modern control strategies. *Rybnoe khozyaystvo*. 2026;1(1):64-76. (in Russ) DOI 10.36038/0131-6184-2026-1-64-76
2. Basankina V.M., Prutsakov S.V., Basankin A.V. Fish aeromonosis: epizootiological features, clinical signs, and pathological changes. *Veterinariya Kubani*. 2019;(2):21-23. (in Russ) DOI 10.33861/2071-8020-2019-2-22-24
3. Qian X., Wu J., Qiu J., Li Y., Zhang J., Xu X., Wang Y., Li Q. Preparation and application of monoclonal antibodies targeting IgM in Pearl Gentian Grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂). *Fishes*. 2026;11(3):160. DOI 10.3390/fishes11030160.
4. Semwal A., Kumar A., Kumar N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. *Heliyon*. 2023;9(3). DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14088
5. Ma W., Zeng W., Zhang D., Zhou Y., Huang Y., Hong Y. Oxidative stress in aquaculture: pathogenic mechanisms and preventive strategies in farmed aquatic animals. *Current Issues in Molecular Biology*. (11):873. DOI 10.3390/cimb47110873
6. Shirinsky I.V., Shirinsky V.S. Pleiotropic properties of PPAR- α : from experiments to the clinic. *Medical immunology*. 2021;23(3):439-454. (in Russ) DOI 10.15789/1563-0625-PEO-2222
7. Che L., Paliogiannis P., Cigliano A., Pilo M.G., Chen X., Calvisi D.F. Pathogenetic, prognostic, and therapeutic role of fatty acid synthase in human hepatocellular carcinoma. *Frontiers in Oncology*. 2019;9:1412. DOI 10.3389/fonc.2019.01412
8. Suvarna K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques. Elsevier Health Sciences. 2018: 558 p. ISBN 978-0-7020-6864-5
9. Sukhovskaya I.V., Tsekova A.A., Kantserova N.P., Balan O.V., Kuchko T.Y., Matrosova S.V., Belyaev

- A.N., Lysenko L.A. LPS-Induced Inflammation and Preconditioning in Rainbow Trout: Markers of Innate Immunity and Oxidative Stress. *Animals*. 2025;15(24):3589. DOI 10.3390/ani15243589
10. Holzer A.S., Piazzon M.C., Barrett D., Bartholomew J.L., Sitjà-Bobadilla A. To React or Not to React: The Dilemma of Fish Immune Systems Facing Myxozoan Infections. *Frontiers in Immunology*. 2021;12:734238. DOI 10.3389/fimmu.2021.734238
11. Chopra A.K., Xu X.-J., Ribardo D., Gonzalez M., Kuhl K., Peterson J.W., Houston C.W. The cytotoxic enterotoxin of *Aeromonas hydrophila* induces proinflammatory cytokine production and activates arachidonic acid metabolism in macrophages. *Infection and Immunity*. 2000;68(5):2808-2818. DOI 10.1128/iai.68.5.2808-2818.2000
12. Munang'andu H.M. Intracellular bacterial infections: a challenge for developing cellular mediated immunity vaccines for farmed fish. *Microorganisms*. 2018;6(2):33. DOI 10.3390/microorganisms6020033
13. Kumar J., Kumar M., Sharma S., Srivastava N., Singh R., Hussain M.A., Mazumder S. Th1–Th2 and M1–M2 interplay sculpt *Aeromonas hydrophila* pathogenesis in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2022;127:357-365. DOI 10.1016/j.fsi.2022.06.052
14. Cui J., Zhou Q., Yu M., Liu Y., Teng X., Gu X. 4-tert-butylphenol triggers common carp hepatocytes ferroptosis via oxidative stress, iron overload, SLC7A11/GSH/GPX4 axis, and ATF4/HSPA5/GPX4 axis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022;242:113944. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.113944
15. Bougarne N., Weyers B., Desmet S.J., Deckers J., Ray D.W., Staels B., De Bosscher K. Molecular actions of PPAR α in lipid metabolism and inflammation. *Endocrine Reviews*. 2018;39(5):760-802. DOI 10.1210/er.2018-00064
16. Nikiforov-Nikishin D.L., Gavrilin K.V., Kochetkov N.I., Golovacheva N.A. Development of an experimental model of fish aeromonosis using the test organism *Danio rerio*. *Bulletin of the Kerch State Marine Technological University*. 2024;2:42-51. (in Russ)
17. Volynkin Yu.L. Morphophysiological status as a reflection of the adaptive capabilities of the fish organism : Abstract of Doctoral Dissertation (Biology) : 03.00.13. Moscow, 2008. 323 p. (in Russ)
18. Mikhailov E.V., Manzhurina O.A., Stepanov E.M., Shabunin B.V., Strelnikov N.A., Zhukova V.V. Cytological structure of the spleen of the common carp (*Cyprinus carpio*) under intensive rearing conditions. *Veterinary Pharmacological Bulletin*. 2021;(3):138-149. (in Russ) DOI 10.17238/issn2541-8203.2021.3.138
19. Ribeiro H.J., Procópio M.S., Gomes J.M.M., Vieira F.O., Russo R.C., Balzuweit K., Chiarini-Garcia H., Santana Castro A.C., Rizzo E., Corrêa J.D. Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus*. *Cell and Tissue Research*. 2011;346(3):417-425. DOI 10.1007/s00441-011-1286-3
20. Al-Niaem K.S., Shnawa I.M.S., Al-Sa'adi B.A. The immunological response for spleen as biomarker against of *Aeromonas hydrophila* bacterial in *Cyprinus carpio* fish. *Basrah Journal of Veterinary Research*. 2015;15(2):306-315
21. Krivova A.V., Prokhorova T.M., Balashova A.V., Khavansky O.S. Diagnosis of aeromonosis in cyprinid fish. *Bulletin of MichGAU*. 2025;(1). (in Russ)
22. Shen Z., Qi Y., Yu W., Li S., Liu Z., Li L., Zhu M., Gong C., Hu X. Grass Carp Reovirus (GCRV) infection activates the PERK-eIF2 α pathway to promote the viral replication. *Fish & Shellfish Immunology*. 2024;155:110020. DOI 10.1016/j.fsi.2024.110020
23. Pomerantsev D.A. Aeromonosis in cyprinid fish in water bodies with varying levels of technogenic impact. *Scientific Notes of the N.E. Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine*. 2010;204:199-211. (in Russ)
24. Grinyuk E.S., Mkrtchyan M.E., Safronov D.I. Morpho-physiological indicators of early fish development stages. *Editorial Board*. 2021:155. (in Russ)
25. Grinyuk E.S., Mkrtchyan M.E. Morphological structural features of the taste bud in the African sharptooth catfish. *Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2023;(4):170-173. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 22.07.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 29.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ДЖЕРСЕЙСКОГО СКОТА В ООО ИМЕНИ ТИМИРЯЗЕВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА CSN2

Фарит Фатихович Зиннатов^{1✉}, Марс Мансурович Хисматуллин², Талгат Равилович Якупов³,
Тахир Мунавирович Ахметов⁴, Фарида Фатиховна Зиннатова⁵

^{1,2,3,4} Казанский государственный аграрный университет, Российская Федерация

⁵ Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН, Российская Федерация
¹ канд. биол. наук, доц., email: ffzinnatov@mail.ru, orcid.org/0000-0003-0081-2810

² д-р с.-х. наук, доц., orcid.org/0000-0002-0201-8373

³ д-р ветеринар. наук, проф., orcid.org/0000-0001-9652-5829

⁴ д-р биол. наук, проф., orcid.org/0000-0003-3495-2432

⁵ канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, orcid.org/0000-0003-2258-9162

РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты молекулярно-генетического анализа полиморфизма гена CSN2 и его влияния на молочную продуктивность джерсейской породы коров, разводимой в условиях молочного комплекса Балтасинского района Татарстана. Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на «молоко А2», свободное от β -казоморфина – 7, и необходимостью повышения белково-молочности для сыроделия. Цель работы – оценка частот генотипов и аллелей гена CSN2, а также выявление связи генетических вариантов с удоем, жирностью и белковостью молока.

Материалом служили образцы крови и молока от 174 голов коров. Генотипирование выполняли методом ПЦР с электрофорезной детекцией. Содержание жира и белка определяли на автоматическом анализаторе. Все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Распределение генотипов было таковым: А1А1 – 19,5% (34 головы), А1А2 – 4,6 % (8 голов), А2А2 – 75,9% (132 головы). Частота аллеля А2 – 0,782, аллеля А1 – 0,218.

Средний удой коров за 305 дней лактации составил 6693,91 кг, жир 6,31 %, белок 3,81 %. Наибольшая продуктивность у гетерозигот А1А2 (7141,75 кг), но различия по удою статистически не значимы ($p>0,05$). По жирности также нет достоверных различий. Однако животные с генотипом А2А2 достоверно превосходят гетерозигот по содержанию белка (3,95% против 3,61%, $p=0,0120$). Общий выход белка у группы А2А2 максимален (264,32 кг), что на 6,5 кг больше, чем у А1А2.

Селекция на закрепление генотипа А2А2 позволит не только получать молоко без ВСМ -7, но и повысить белково-молочность стада без снижения удоя и жирности. Высокая доля желательного генотипа (75,9%) позволяет перейти на А2 – молоко за 2-3 поколения при использовании быков производителей с генотипом А2А2. Результаты имеют практическое значение для хозяйств, ориентированных на производство продуктов здорового питания.

Ключевые слова: А2, ген, ДНК, джерсейская порода, коровы, молоко, полиморфизм.

Для цитирования: Зиннатов Ф.Ф., Хисматуллин М.М., Якупов Т.Р., Ахметов Т.М., Зиннатова Ф.Ф. Молекулярно-генетическая оценка продуктивности джерсейского скота в ООО имени Тимирязева на основе анализа полиморфизма гена CSN2. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:212-216. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.212>

MOLECULAR GENETIC EVALUATION OF JERSEY CATTLE PRODUCTIVITY IN THE TIMIRYAZEV LTD BASED ON THE ANALYSIS OF CSN2 GENE POLYMORPHISM

Farit F. Zinnatov^{1✉}, Mars M. Khismatullin², Talgat R. Yakupov³, Takhir M. Akhmetov⁴, Farida F. Zinnatova⁵

^{1,2,3,4} Kazan State Agrarian University, Russian Federation

⁵ Tatar Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center of RAS, Russian Federation

¹ Candidate of Biological Sciences, Assoc. Prof., email: ffzinnatov@mail.ru, orcid.org/0000-0003-0081-2810

² Dr. of Agricultural Sciences, Assoc. Prof., orcid.org/0000-0002-0201-8373

³ Dr. of Veterinary Sciences, Prof., orcid.org/0000-0001-9652-5829

⁴ Dr. of Biological Sciences, Prof., orcid.org/0000-0003-3495-2432

⁵ Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, orcid.org/0000-0003-2258-9162

ABSTRACT

This article presents the results of a molecular genetic analysis of the CSN2 gene. This study reports the findings of a molecular genetic investigation into the CSN2 gene polymorphism and its association with milk production traits in Jersey cattle kept in the commercial herd of Timiryazev LLC, located in the Baltasinsky District of the Republic of Tatarstan. The growing consumer interest in A2 milk, which is devoid of β -casomorphin-7, alongside the need to enhance protein content for cheese production, underscores the timeliness of this research.

The aim of the study was to evaluate the frequencies of CSN2 gene genotypes and alleles, as well as to identify the association of genetic variants with milk yield, fat content, and protein content.

Blood and milk samples from 174 cows were used. Genotyping was performed using PCR with electrophoresis detection. Fat and protein content were determined using an automated analyzer. All animals were maintained under identical feeding and housing conditions. The genotype distribution was as follows: A1A1 – 19.5% (34 cows), A1A2 – 4.6% (8 cows), and A2A2 – 75.9% (132 cows). The A2 allele frequency was 0.782, and the A1 allele frequency was 0.218.

Over a 305-day lactation period, cows produced an average of 6,693.91 kg of milk, containing 6.31% fat and 3.81 % protein. While A1A2 heterozygotes exhibited the highest yield (7,141.75 kg), this superiority was not statistically confirmed ($p > 0.05$). There were also no significant differences in fat content. However, animals with the A2A2 genotype significantly outperform heterozygotes in protein content (3.95% versus 3.61%, $p = 0.0120$). The total protein yield of the A2A2 group is highest (264.32 kg), which is 6.5 kg higher than that of A1A2.

Selection for the A2A2 genotype will not only allow for the production of beta-casomorphin-7-free milk but also increase the herd's protein yield without reducing milk yield or fat content. The high proportion of the desired genotype (75.9%) allows for the transition to A2 milk within 2-3 generations using bulls with the A2A2 genotype. These results have practical implications for farms focused on producing healthy foods.

Key words: A2, gene, DNA, jersey breed, cows, milk, polymorphism.

For citation: Zinnatov F.F., Khismatullin M.M., Yakupov T.R., Akhmetov T.M., Zinnatova F.F. Molecular genetic evaluation of Jersey cattle productivity in the Timiryazev LTD based on the analysis of CSN2 gene polymorphism. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:212-216. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.212>

ВВЕДЕНИЕ

Молоко представляет собой многокомпонентную биологическую жидкость, которая на молекулярном уровне является не просто питательным субстратом, а результатом тонко отлаженной транскрипционной активности десятков генов, каждый из которых вносит строго определенный вклад в формирование состава получаемого продукта, белкового, липидного и углеводного. Исследуемый нами ген под названием бета-казеин представляет собой совершенно большее, чем просто основу для синтеза и производства молочного белка. Это является своего рода фундаментом и предметом для оживленных научных споров и является одновременно ключом для производства нового поколения молочных продуктов. Ген CSN2 в составе дезоксирибонуклеиновой кислоты во многом предопределяет пищевую и питательную ценность молока млекопитающих, и соответственно, поэтому его роль на сегодняшний день актуален далеко за пределами молочного скотоводства, охватывая пищевую биотехнологию, биохимию, диетологию и конечно медицину [1,4].

Как показывают исследования, даже единичная нуклеотидная замена может иметь масштабные генетические и фенотипические последствия, которая будет воздействовать на здоровье большого количества людей, этот факт заставляет внимательно относиться к хрупкости генетического равновесия [3,5].

Ген CSN2 устроен относительно просто и несложно: он состоит из девяти экзонов, кодирующих и несущих информацию для синтеза белка молока. На его основе образуется бета – казеин, являющийся одним из главных белков молока, включающий при этом 209 аминокислот. Этот белок принадлежит к фосфопротеинам, то есть в составе его аминокислотных остатков имеются фосфатные группы. Для работы бета-казеина это является принципиальным, благодаря фосфатным группам он связывает и удерживает ионы кальция, и это запускает процесс самосборки мицелл. Данные мельчайшие структурные единицы переводят кальций и фосфор в усвояемую форму и одновременно предохраняют сам белок

от слишком раннего распада [2].

Изученные генетические материалы и данные говорят о том, что крупный рогатый скот, а также предки человека давали молоко только с бета-казеином с названием A2. Многочисленные проведенные исследования в разных странах говорят о том, что такой вариант молока ближе и физиологичнее для нас. Именно такое молоко производили старые породы, к примеру джерсейская порода молочного скота. Молоко с названием A2 обычно легче воспринимается организмом и переваривается. Вариант молока с вариантом A1 по теории возник в последствии мутации сравнительно несколько тысяч лет назад, и соответственно закрепился преимущественно у европейских пород [6,7].

С биохимической точки зрения эта мутация представляет собой типичную замену одного нуклеотида в 67-м звене белковой цепочки с заменой пролина на гистидин. Пролин в данном случае как показано химическим анализом формирует в данной цепи особую форму устойчивого изгиба, защищающую этот участок от ферментов. Гистидин же эту петлю соответственно нарушает, и здесь появляется слабое звено, которое легко расщепляется пепсином и химозином. То есть, употребленное человеком молоко подвергается воздействию желудочных ферментов, которые разбирают продукт на мелкие короткие пептиды. Далее из-за гистидина в 67-й позиции бета – казеин A1 выделяет особый пептид под названием бета-казоморфин-7 (BCM-7). В ряде проанализированных работ именно его связывают с нарушениями пищеварения, замедлением моторики кишечника, газами, вздутием, воспалением самого кишечника и болевыми ощущениями в животе. И эти признаки нередко принимают за непереносимость лактозы, хотя причина может быть иной, в том числе связанной с BCM-7. Конечно же, важно отметить, что молоко A2 подобных реакций не вызывает, в бета-казеине A2 в 67-й позиции всегда стоит пролин, поэтому связь в этом месте остается стабильной.

Пролиновый остаток в данной позиции блокирует протеолиз, перенаправляя ферментативное расщепление на другие участки полипептидной цепи. В результате протеолиза формируются фи-

зиологически нейтральные пептидные фрагменты с высокой биодоступностью, тогда как высвобождение и синтез ВСМ – 7 не наблюдается [8].

В молочном животноводстве наблюдается особенно в последние годы малозаметный, но глубокий сдвиг, который связан с генетикой и ее законами. Развитие таких наук как биохимия, генетика и биотехнология открывает новые возможности для работы с наследственностью. Применение ДНК методов, в частности, ПЦР-ПДРФ и ПЦР в реальном времени – позволили безошибочно устанавливать, какой вариант гена CSN2 присутствует у животного, коровы, племенного быка, и у теленка. Речь идет о генотипах A1A1, A1A2, или A2A2. Полученные данные создают научную основу для реализации направленной селекционной программы, ориентированной на повышение частоты аллеля A2 в популяции. Несмотря на то, что устойчивое закрепление необходимого генотипа занимает несколько поколений, экономическая целесообразность такой стратегии не вызывает сомнений ввиду стабильно возрастающего потребительского спроса на A2 молоко [2,4].

Цель работы. Задача исследования состоит в молекулярно-генетической оценке продуктивности джерсейского скота через анализ полиморфных вариантов гена CSN2, а также в выявлении взаимосвязи этих вариантов с признаками молочной продуктивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ООО имени Тимирязева Балтасинского района Республики Татарстан был проведен анализ полиморфизма гена CSN2 среди коров джерсейской породы, что позволило оценить генетический потенциал молочного скота с помощью генотипирования.

Для исследования была отобрана группа животных состоящих их 174 голов. Биоматериалом служила кровь, отобранная из хвостовой артерии, которую отбирали в вакуумные пробирки объемом 100 мл (ЭДТА). Также от каждой коровы были отобраны пробы молока свежесвыдоенного для последующего сравнения результатов и анализа связи с генетическими параметрами. Содержание жира и белка, а также плотность молока измеряли на автоматическом анализаторе «Клевер 2». Для предотвращения искажения данных вся выборка животных задействованных в исследовании, находились в строго равных условиях, рацион, одинаковый уход и само содержание был осуществлен по единой технологии. Условия содержания подопытных животных были организованы в соответствии с нормативами, действующими на промышленных животноводческих объектах, и обеспечивали выполнение обязательных ветеринарно-зоотехнических требований, закреплённых в нормативно-правовой базе РФ.

Исследования по экстракции и последующему анализу ДНК осуществлялись в отделе молекулярных исследований Татарского филиала «ВНИИЗЖ». Для выделения генетического материала из цельной крови, использовали комплект «АмплиПрайм» ДНК – сорб-В», производимый для экстракции ДНК из проб (Российская Федерация). Для увеличения копий требуемого фраг-

мента ДНК производили простановку ПЦР по стандартной методике. В состав реакционной смеси входили следующие реактивы: стерильная вода, буфер, dNTP, видоспецифические праймеры, термостойкая Taq - полимеразы и образец ДНК из крови отобранных животных. Состав смеси и компонентов для постановки ПЦР представлены в таблице 1.

Амплификацию проводили по следующей схеме. В начале пробы прогревали 3 минуты при 950С. Затем запускали основной цикл, который повторялся 40 раз: 30 с при 950С отводилось на разделение цепей, следующие 30 с температура постепенно снижалась с 59 до 550С (по 10С за цикл). Праймеры связывались с необходимым участком, далее в течение 20 с при 720С и полимеразы достраивала новые цепи. После завершения циклов проводили дополнительную инкубацию – 4 мин при 720С, чтобы все молекулы ДНК были полностью синтезированы. В дальнейшем образцы амплификатов хранили при 100С.

Процесс детекции и разделения продуктов ПЦР осуществляли методом горизонтального электрофореза в 2% агарозном геле. Сам гель готовили на трис-боратном буфере (ТБЕ), добавляя в него 5 мкл 10 % бромистого этидия для визуализации нуклеиновых кислот и их фрагментов. Электрофорез выполняли с помощью источника питания «Эльф-8» (Россия) при силе тока 200мА, напряжении 150В и мощностью 20Вт. Амплификаты идентифицировали и фиксировали с помощью видеосистемы GelDoc (США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ генетического полиморфизма исследуемого поголовья (n=174) показал неоднородное распределение аллелей идентифицируемого гена. Было показано, что подавляющее большинство особей являются гомозиготными по аллелю A2 (генотип A2A2), 75,9% от общей выборки (Таблица 2). Гомозиготный генотип A1A1 был идентифицирован у 34 животных (19,5%), в то время как гетерозиготный генотип A1A2 был менее распространенным и обнаружен только лишь у 8 особей (4,6 %).

Частота аллеля A2 достигла 0,782, тогда как аллель A1 – 0,218. Это является положительным результатом, джерсейская порода, как известно, исторически характеризуется высокой долей генотипа A2A2, что подтверждается и в нашем опыте (75,9 % животных имеют данный генотип). С практической точки зрения для селекции важно, что переход хозяйства на выпуск молока A2 не связан с затяжной сменой поголовья или массовой выбраковкой. Достаточно последовательно подбирать производителей, несущих генотип A2A2, и уже через 2-3 поколения A1 может исчезнуть из стада при правильном подборе родительских пар.

По итогам ПЦР-тестирования и лабораторного исследования молока джерсейского стада удалось установить, что продуктивность коров во многом определяется тем, какой именно вариант генотипа гена CSN2 они несут. Как было показано анализом, за 305 дней лактации средний удой достиг 6693,91 кг, содержание жира составило 6,31 %, белка 3,81 % (таблица 3).

Таблица 1. Протокол ПЦР анализа полиморфизма гена CSN2
Table 1. Protocol for PCR analysis of CSN2 gene polymorphism

Протокол ПЦР				
Реагенты	Исходная концен-трация	Рабочая концентрация	1 проба (мкл)	10 проб (мкл)
dH ₂ O			14,0	140
dNTPs	2,5 мМ	0,25 мМ	2,0	20
Буфер	10×	1×	2	20
Тақ ДНК полимераз	5 ед	1 ед	0,2	2
Праймер CSN2 (A1)	50 мкМ	0,5 мкМ	0,2	2
Праймер CSN2 (A2)	50 мкМ	0,5 мкМ	0,2	2
Праймер CSN2 (A3)	50 мкМ	0,5 мкМ	0,2	2
Праймер CSN2 (A4)	50 мкМ	0,5 мкМ	0,2	2
ДНК	~50-100 нг/мкл	~50-100 нг на реакцию	1,0	10*
ВСЕГО			20	

Праймеры:
CSN2 (A1): 5'- CCGTAAATGAGAAATCCTTCAGYGAGCA - 3'
CSN2 (A2): 5' - TCTGGCTTTCAGTAAAGGGCTCAAAGTGG-3'
CSN2 (A3): 5'- TAGTCTATCCCTTMCCTGGGCCCATTC - 3'
CSN2 (A4): 5'- MGGGATGTTTGTGGGAGGCTSTCAG - 3'

Режим амплификации:
×1: 95 °C – 3 мин
95 °C – 30 сек, 59-55 °C – 30 сек, 72 °C – 20 сек touchdown – 1 °C / цикл
×40: 94 °C – 30 сек, 55 °C – 30 сек, 72 °C – 20 сек
×1: 72 °C – 4 мин
ХРАНЕНИЕ +10 °C
ПЦР-ПРОДУКТ: 296
Аллель A1 = 199 bp
Аллель A2 = 111 bp
Электрофорез в агарозном геле 2%
A1A1 – 296, 199
A2A2 – 296, 111
A1A2 – 296, 199, 111

Таблица 2. Частота встречаемости генотипов гена CSN2
Table 2. Frequency of occurrence of CSN2 gene genotypes

Генотип	n	% от выборки	Частота A1	Частота A2
A1A1	34	19,5	0,218	0,782
A1A2	8	4,6		
A2A2	132	75,9		
Всего	174	100		

Таблица 3. Средние показатели молочной продуктивности коров в зависимости от генотипа CSN2
Table 3. Average milk productivity of cows depending on the CSN2 genotype

Генотип	% от выборки	Средний удой за 305 дней, кг	Средний жир, %	Средний белок, %	Жир (всего), кг	Белок (всего), кг
A1A1 (n=34)	19,5	6671,76±1088,15	6,11±1,16	3,87±0,38	407,64±74,21	258,20±45,12
A1A2 (n=8)	4,6	7141,75±1241,48	6,61±1,45	3,61±0,28	471,97±93,67	257,82±43,89
A2A2 (n=132)	75,9	6691,60±1123,78	6,21±1,10	3,95±0,38	415,64±78,16	264,32±46,73

Проведенный анализ показателей молочной продуктивности выявил определенные закономерности в зависимости от генотипа по гену бета – казеина. Наибольшая средняя молочная продуктивность отмечена у гетерозиготного генотипа A1A2 – 7141,75 кг за 305 дней лактации, что на 470 кг (7,0 %о) выше, чем у A1A1, и на 450 кг (6,7%) выше, чем у A2A2. Однако, учитывая малую численность группы A1A2 (всего 8 голов) и высокое стандартное отклонение (1241,48 кг), эти различия статистически не значимы ($p>0,05$). Гомозиготные группы A1A1 и A2A2 демонстрируют практически идентичные средние удои 6671,76 и 6691,60 кг соответственно, что указывает на отсутствие влияния генотипа на данный признак.

Самый высокий средний процент жира зафиксирован у группы A1A2 (6,61%), тогда как у A1A1 и A2A2 значения составляют 6,11% и 6,21% соот-

ветственно. Несмотря на кажущуюся разницу, высокие стандартные отклонения (1,16-1,45%) и малая выборка A1A2 не позволяют утверждать о достоверных различиях ($p>0,05$). Все группы характеризуются типично высоким для джерсейской породы содержанием жира (свыше 6%), что является породной особенностью.

По содержанию белка выявлены наиболее интересные закономерности. Животные с генотипом A2A2 показывают самое высокое содержание белка – 3,95 %, что достоверно выше, чем у гетерозиготных A1A2 (3,61%), разница составляет 0,34 процентных пункта ($p=0,012$). Гомозиготные A1A1 занимают промежуточное положение (3,87%), не отличаясь статистически значимо ни от A2A2, ни от A1A2. Таким образом, аллель A2 в гомозиготном состоянии ассоциирован с повышенным содержанием белка в молоке.

По общему выходу жира и белка (кг) несмотря на более высокий удой у А1А2, общий выход жира у этой группы максимален (471,97 кг) за счет сочетания высокого удоя и повышенной жирности. Однако по общему выходу белка группы А1А1 и А1А2 практически идентичны (± 258 кг), тогда как группа А2А2 показывает наибольший выход белка – 264,32 кг, что на 6,5 кг (2,5%) больше, чем у А1А2, и на 6,1 кг (2,4 %) больше, чем у А1А1. Это объясняется тем, что преимущество А2А2 по процентному содержанию белка компенсируется их несколько меньший удой по сравнению с А1А2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты подтверждают, что

селекция в направлении закрепления генотипа А2А2 позволит не только получать молоко «А2», продукт не содержащий ВСМ - 7, но и увеличить выход белка, важнейшего компонента для сыроделия и переработки. При этом по удою и жирности никаких потерь не ожидается, так как показатели А2А2 сопоставимы с таковыми у А1А1. Учитывая, что доля А2А2 в стаде уже составляет 75,9 %, дальнейшее использование быков-производителей с генотипом А2А2 позволит в короткие сроки полностью элиминировать аллель А1 и одновременно повысить белкомолочность стада. Аллель А2, это не тренд, а стратегия: прибыль сегодня и молоко без риска для чувствительных людей, забота о здоровье (речь не о лактозе, а о реакции на ВСМ – 7).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена за счет гранта, представленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ (Соглашение от 22.12.2025г. № 16/2025-ПД-КазГАУ).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глинская Н.А. Полиморфизм гена бета-казеина (CSN2) и анализ биохимического состояния крупного рогатого скота белорусской черно-пестрой породы. Вестник Полесского государственного университета. Серия природо-ведческих наук. 2021;1:72-77.
2. Fernández-Rico S., Mondragón-Portocarrero A.C., Cepeda A., Miranda J.M., Fente C.A., Regal P., Franco C.M. A2 Milk: New Perspectives for Food Technology and Human Health. *Foods*. 2022;11(16): 2387. DOI: 10.3390/foods11162387
3. Giribaldi M., Lamberti C., Cirrincione S., Giuffrida M.G., Cavallarin L. A2 Milk and BCM-7 Peptide as Emerging Parameters of Milk Quality. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9: 842375. DOI: 10.3389/fnut.2022.842375
4. Jeong H., Park Y.S., Yoon S.S. A2 milk consumption and its health benefits: an update. *Food Science and Biotechnology*. 2023;33(3): 491-503. DOI: 10.1007/s10068-023-01428-5
5. Brook-Taylor S., Dwyer K., Wood R., Kost C. Systematic Review of the Gastrointestinal Effects of A1 Compared with A2 β -Casein. *Advances in Nutrition*. 2017;8(5):739-748. DOI: 10.3945/an.116.013953
6. Vigolo V., Franzoi M., Penasa M., Bittante G., De Marchi M. Characterization of the generic polymorphism linked to the β -casein A1/A2 alleles using different molecular and biochemical methods. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(11): 8946-8955. DOI: 10.3168/jds.2022-22136
7. Nuomin N., Yamada T., Kaneko T.I., Kuramoto T. Frequency of β -Casein Gene Polymorphisms in Jersey Cows in Western Japan. *Animals*. 2022;12(16): 2076. DOI: 10.3390/ani12162076
8. Cartuche-Macas L.F., Navarette-Mera J.F., Gutiérrez-Reinoso M.A., García-Herreros M. Differential A1/A2 β -casein (CSN2) gene-derived allelic and genotypic frequencies across Ecuadorian exotic dairy cattle breeds. *Frontiers in Veterinary Science*. 2025;12: 1616426. DOI: 10.3389/fvets.2025.1616426

REFERENCES

1. Glinskaya N.A. Beta-casein (CSN2) gene polymorphism and analysis of the biochemical status of Belarusian Black-and-White cattle. *Bulletin of Polesky State University. Series in Natural Sciences*. 2021;1:72-77. (in Russ)
2. Fernández-Rico S., Mondragón-Portocarrero A.C., Cepeda A., Miranda J.M., Fente C.A., Regal P., Franco C.M. A2 Milk: New Perspectives for Food Technology and Human Health. *Foods*. 2022;11(16): 2387. DOI: 10.3390/foods11162387
3. Giribaldi M., Lamberti C., Cirrincione S., Giuffrida M.G., Cavallarin L. A2 Milk and BCM-7 Peptide as Emerging Parameters of Milk Quality. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9: 842375. DOI: 10.3389/fnut.2022.842375
4. Jeong H., Park Y.S., Yoon S.S. A2 milk consumption and its health benefits: an update. *Food Science and Biotechnology*. 2023;33(3): 491-503. DOI: 10.1007/s10068-023-01428-5
5. Brook-Taylor S., Dwyer K., Wood R., Kost C. Systematic Review of the Gastrointestinal Effects of A1 Compared with A2 β -Casein. *Advances in Nutrition*. 2017;8(5):739-748. DOI: 10.3945/an.116.013953
6. Vigolo V., Franzoi M., Penasa M., Bittante G., De Marchi M. Characterization of the generic polymorphism linked to the β -casein A1/A2 alleles using different molecular and biochemical methods. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(11): 8946-8955. DOI: 10.3168/jds.2022-22136
7. Nuomin N., Yamada T., Kaneko T.I., Kuramoto T. Frequency of β -Casein Gene Polymorphisms in Jersey Cows in Western Japan. *Animals*. 2022;12(16): 2076. DOI: 10.3390/ani12162076
8. Cartuche-Macas L.F., Navarette-Mera J.F., Gutiérrez-Reinoso M.A., García-Herreros M. Differential A1/A2 β -casein (CSN2) gene-derived allelic and genotypic frequencies across Ecuadorian exotic dairy cattle breeds. *Frontiers in Veterinary Science*. 2025;12: 1616426. DOI: 10.3389/fvets.2025.1616426

Поступила в редакцию / Received: 06.05.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 20.05.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МЯСА ТЮЛЕНЯ (ЛАХТАКА) И ТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕЛКА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Тамара Васильевна Калюжная^{1✉}, Антон Николаевич Токарев², Иван Вадимович Соколов³,
Константин Федорович Зенков⁴, Никита Юрьевич Попов⁵

^{1,2,3,4,5} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация

¹канд. ветеринар. наук, доц. кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, доц., email: tomagafk087@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8682-1840

²д-р. ветеринар. наук, зав. кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, доц., orcid.org/0000-0002-7117-306X

³ассистент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, orcid.org/0000-0003-0191-6726

⁴ветеринарный врач, orcid.org/0000-0002-2550-8519

⁵студент факультета ветеринарной медицины

РЕФЕРАТ

В представленной статье проведена сравнительная оценка пищевой ценности мяса тюленя-лахтака и традиционных источников животного белка. Исследования выполнены в 2025 году на базе Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины. Проанализировано 105 проб мяса тюленя и 55 проб мышечной ткани лосося методом ближней инфракрасной спектроскопии. Содержание влаги, белка и жира определяли на приборе ИнфраЛЮМ ФТ-12. Результаты показали, что мясо лохтака отличается высокой концентрацией протеина (28,5 %) при минимальной жировой составляющей (3,1 %) и влажности 57,4 %. По белковой насыщенности лохтак превосходит лосось (23,6 %), свинину (16,4 %), говядину (18,6 %), телятину (19,7 %), баранину (16,3 %) и мясо кролика (21,1 %), при этом значительно уступая им по содержанию липидов. Различия между мясом тюленя и лосося статистически значимы по всем показателям ($p < 0,001$). Коэффициенты вариации не превышают 5,48 %, что подтверждает воспроизводимость данных. Корреляционный анализ выявил отрицательную связь между влажностью и содержанием сухих веществ. Полученные результаты обосновывают целесообразность отнесения мяса тюленя к диетическому сырью и его применения в производстве функциональных продуктов, в том числе для лиц с непереносимостью рыбного белка.

Ключевые слова: пищевая ценность, мясо тюленя, лохтак, белок, жир, влага, лосось, сельскохозяйственные животные, продовольственная безопасность.

Для цитирования: Калюжная Т.В., Токарев А.Н., Соколов И.В., Зенков К.Ф., Попов Н.Ю. Сравнительная оценка пищевой ценности мяса тюленя (лахтака) и традиционных источников белка животного происхождения. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:217-220. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.217>

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE NUTRITIONAL VALUE OF SEAL MEAT (HARP SEAL) AND TRADITIONAL SOURCES OF ANIMAL PROTEIN

Tamara V. Kalyuzhnaya^{1✉}, Anton N. Tokarev², Ivan V. Sokolov³, Konstantin F. Zenkov⁴, Nikita Y. Popov⁵

^{1,2,3,4,5} St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary and Sanitary Expertise, email: tomagafk087@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8682-1840

²Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Associate Professor, orcid.org/0000-0002-7117-306X

³Assistant at the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, orcid.org/0000-0003-0191-6726

⁴Veterinary doctor, orcid.org/0000-0002-2550-8519

⁵Student of the Faculty of Veterinary Medicine

ABSTRACT

The article presents a comparative assessment of the nutritional value of bearded seal meat and traditional sources of animal protein. The studies were carried out in 2025 at the Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. A total of 105 samples of seal meat and 55 samples of salmon muscle tissue were analyzed using near-infrared spectrometry. The content of moisture, protein, and fat was determined with the InfraLUM FT-12 instrument. The results showed that bearded seal meat is characterized by a high protein concentration (28.5 %) with a minimal fat fraction (3.1 %) and a moisture level of 57.4 %. In terms of protein content, the bearded seal surpasses salmon (23.6 %), pork (16.4 %), beef (18.6 %), veal (19.7 %), mutton (16.3 %), and rabbit meat (21.1 %), while being significantly lower in lipids. The differences between seal meat and salmon are statistically significant for all parameters ($p < 0.001$). The variation coefficients do not exceed 5.48 %, which confirms the reproducibility of the data. Correlation analysis revealed a negative relationship between moisture content and the content of dry matter. The obtained results substantiate the rationale for classifying seal meat as a dietary raw material and for its use in the production of functional foods, including for individuals with fish protein intolerance.

Key words: nutritional value, seal meat, harp seal, protein, fat, moisture, salmon, agricultural animals, food security.

For citation: Kalyuzhnaya T.V., Tokarev A.N., Sokolov I.V., Zenkov K.F., Popov N.Yu. Comparative assessment of the nutritional value of seal meat (harp seal) and traditional sources of animal protein. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:217-220. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.217>

ВВЕДЕНИЕ

В условиях обеспечения продовольственной безопасности и рационального использования биологических ресурсов особую актуальность приобретает расширение ассортимента пищевого сырья за счёт нетрадиционных видов животных [3, 4]. Одним из таких объектов является мясо морских млекопитающих, в частности тюленя (лахтака), обладающее высокой пищевой и биологической ценностью [9].

Использование мяса тюленя традиционно характерно для северных регионов, однако в настоящее время оно рассматривается как перспективный источник полноценного белка и биологически активных липидов [8]. В то же время в структуре питания населения значительное место занимает рыба, в частности лосось, отличающийся высокими диетическими свойствами и содержанием полиненасыщенных жирных кислот [1]. Однако в последние годы отмечается рост случаев индивидуальной непереносимости и аллергических реакций на рыбу, что обуславливает необходимость поиска альтернативных источников пищевого сырья морского происхождения.

В этой связи мясо тюленя может рассматриваться как потенциальная альтернатива лососю, обладающая сопоставимой или более высокой пищевой ценностью [2, 8]. Сравнительная оценка химического состава и пищевой ценности мяса тюленя, мяса сельскохозяйственных животных и рыбы представляет научный и практический интерес с точки зрения ветеринарно-санитарной экспертизы и обоснования их использования в питании населения.

Цель работы — определить и провести сравнительный анализ показателей пищевой ценности мяса тюленя (лахтака) и традиционных источников белка животного происхождения (лосось, свинина, говядина, телятина, баранина, мясо кролика).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе учебно-исследовательского центра экспертизы пищевых продуктов и кормов для животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» в период 2025 года. Объектами исследования служили 105 проб мяса тюленя (лахтака), отобранные из различных групп мышц с формированием объединённой пробы. Кроме того, определяли содержание влаги, белка и жира в мышечной ткани лосося (55 проб). В качестве сравнения использовали данные по химическому составу свинины, говядины, телятины, баранины и мясу кролика [4, 5, 6, 7].

Анализ проводился при помощи спектрометрического анализа на приборе ИнфраЛЮМ ФТ-12 (ГК «Люмэкс»). Определяли массовую долю влаги, белка и жира. Обработка полученных данных проводилась с применением стандартных

статистических процедур. Для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое (M) и среднеквадратическое отклонение (σ) на основании трёх повторных измерений. Воспроизводимость результатов оценивали путём расчёта коэффициента вариации (Cv). Достоверность различий между мясом тюленя и лососем устанавливали с помощью t -критерия Стьюдента для независимых выборок. Кроме того, выполняли корреляционный анализ для выявления связей между содержанием влаги, белка и жира. Статистически значимыми считали отличия при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Лабораторный анализ объединённой пробы мяса тюленя позволил установить следующие значения: массовая доля влаги — $57,4 \pm 0,42$ %, протеина — $28,5 \pm 0,36$ %, жира — $3,1 \pm 0,17$ % (таблица 1). Полученные данные указывают на то, что ляхтак отличается повышенным содержанием белка при весьма низком уровне жира, что нетипично для большинства привычных видов мясного сырья.

Для всех исследованных показателей коэффициенты вариации находятся в пределах 6 %, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости данных и достаточной однородности проб. Минимальная вариабельность зафиксирована для показателя влаги ($Cv = 0,73$ %), максимальная — для жира ($Cv = 5,48$ %), что связано с неодинаковым распределением жировой ткани в пределах объединённой пробы.

Сопоставление полученных результатов с данными для мышечной ткани лосося (влага $67,2 \pm 0,51$ %, белок $23,6 \pm 0,29$ %, жир $9,2 \pm 0,24$ %) показывает, что ляхтак опережает лосося по уровню протеина, однако уступает по содержанию влаги и жира. Отличия по всем трём параметрам носят статистически значимый характер (t -критерий Стьюдента, $p < 0,001$). Преимущество лосося заключается в более высокой влагоудерживающей способности и присутствии полиненасыщенных жирных кислот, в то время как мясо тюленя отличается большей плотностью и повышенным содержанием белка. Наглядное сопоставление основных нутриентов представлено на рисунке 1.

Для более широкого сопоставления были привлечены литературные данные о химическом составе мяса сельскохозяйственных животных. В таблице 2 обобщены сведения из литературных источников [4, 5, 6, 7] и результаты собственных исследований.

Анализ данных таблицы 2 показал, что по уровню белка (28,5 %) мясо тюленя опережает все рассмотренные виды мяса сельскохозяйственных животных, а также лосося. По содержанию влаги ляхтак (57,4 %) располагается ближе всего к свинине, однако уступает говядине, теля-

Таблица 1. Показатели пищевой ценности мяса тюленя (объединённая проба, $M \pm \sigma$, $n = 105$).
Table 1. Nutritional value indicators of seal meat (pooled sample, $M \pm \sigma$, $n = 105$).

№	Показатель	Результат, %	σ	Cv, %
1	Жир	3,1	0,17	5,48
2	Протеин	28,5	0,36	1,26
3	Влага	57,4	0,42	0,73

■ Вода, % ■ Белки, % ■ Жиры, %

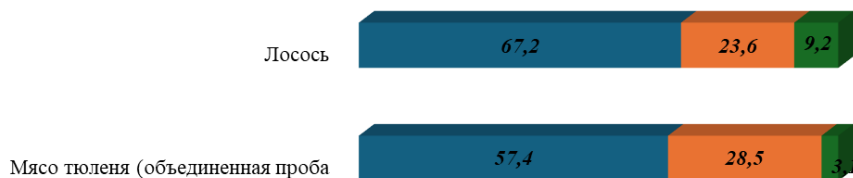


Рисунок 1. Сравнительный анализ мяса тюленя и лосося.

Figure 1. Comparative analysis of seal meat and salmon.

Таблица 2. Химический состав мяса тюленя и традиционных источников белка (по данным литературы [4, 5, 6, 7] и собственным исследованиям).

Table 2. Chemical composition of seal meat and traditional protein sources (according to literature data [4, 5, 6, 7] and our own research).

Наименование мяса	Влага, %	Белок, %	Жир, %
Мясо тюленя (лахтак)	$57,4 \pm 0,42$	$28,5 \pm 0,36$	$3,1 \pm 0,17$
Лосось	$67,2 \pm 0,51$	$23,6 \pm 0,29$	$9,2 \pm 0,24$
Свинина (I категория)	54,8	16,4	27,8
Говядина (I категория)	67,7	18,6	12,8
Телятина (I категория)	72,5	19,7	6,5
Баранина (I категория)	67,6	16,3	15,3
Мясо кролика	66,5	21,1	11,2

тине, баранине, мясу кролика и лососю — это связано с высокой плотностью мышечной ткани. Жировая составляющая мяса тюленя (3,1 %) существенно ниже, чем у свинины, баранины, говядины, мяса кролика и лосося, благодаря чему данный вид сырья можно отнести к числу наиболее постных источников животного белка.

Результаты корреляционного анализа показали обратную связь между содержанием влаги и протеина ($r = -0,89$; $p < 0,01$), а также между влажностью и жиром ($r = -0,76$; $p < 0,05$). Прямая зависимость установлена между содержанием белка и жира ($r = 0,68$; $p < 0,05$). Эти данные согласуются с известными закономерностями распределения нутриентов в мышечной ткани: чем выше доля влаги, тем меньше приходится на сухой остаток, представленный белками и липидами.

Таким образом, мясо тюленя занимает особое место среди традиционных источников животного белка. Низкое содержание жира в сочетании с максимальной для данной группы сырья концентрацией протеина выгодно отличает лахтак от свинины, баранины, говядины, мяса кролика и лосося. По уровню влаги лахтак ближе всего к свинине, однако значительно превосходит её по белковой составляющей.

Статистический анализ подтверждает достоверность выявленных различий и высокую воспроизводимость полученных результатов. Это позволяет рассматривать мясо тюленя как сырьё с высокой биологической ценностью, пригодное для производства диетических и функциональных продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установили, что мясо тюленя не уступает по пищевой ценности мясу сельскохозяйственных животных. Его отличает высокое содержание белка, низкое содержание жира, что даёт возможность отнести данный вид мяса к диетическому и обуславливает его использование в качестве сырья для производства различных видов мясной продукции. На основании проведённых исследований установлено, что мясо тюленя обладает высокой пищевой ценностью и по ряду показателей превосходит лосося, в частности по содержанию белка ($28,5 \pm 0,36$ %) и низкому содержанию жира ($3,1 \pm 0,17$ %). Высокая концентрация полноценного белка и наличие биологически активных липидов позволяют рассматривать мясо тюленя как перспективный источник сырья для функционального и специализированного питания. Лосось, в свою очередь, характеризуется более высоким содержанием влаги ($67,2 \pm 0,51$ %) и жиров ($9,2 \pm 0,24$ %), а также стабильным химическим составом, что делает его универсальным продуктом для диетического и сбалансированного питания.

Сравнение с говядиной, свининой, телятиной, бараниной и мясом кролика подтверждает, что лахтак превосходит их по содержанию белка и уступает по содержанию жира, что открывает перспективы его использования в качестве альтернативного источника белка, в том числе для лиц с непереносимостью рыбы. Статистический анализ показал высокую воспроизводимость результатов ($Cv \leq 5,48$ %) и достоверность различий

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Болтнев А.И., Загребельный С.В., Забавников В.Б. и др. Состояние запасов и промысел морских млекопитающих в России в 2000–2020 годах. Труды ВНИРО. 2024; 195: 205–231. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-205-231
2. Ершова Т.С., Зайцев В.Ф., Гаджидаев М.З. и др. Микроэлементный состав каспийского тюленя (*Phoca caspica* Gmelin, 1788) в условиях техногенеза биосферы. Юг России: экология, развитие. 2022; 17(1(62)): 49–61. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-49-61
3. Калюжная Т.В., Олонцев В.А., Орлов С.И. Определение содержания белка, воды и жира в мясе пушных зверей методом инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне. Международный вестник ветеринарии. 2025; (4): 236–241. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.4.236
4. Калюжная Т.В. К вопросу о пищевой ценности мяса нутрии. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018; (3): 197–199. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197
5. Калюжная Т.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза и оценка мяса нутрии при различных температурно-влажностных режимах хранения. Международный вестник ветеринарии. 2019; 2: 86–92.
6. Калюжная Т.В., Орлова Д.А. К вопросу об аминокислотном составе свинины с дефектами качества. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023; 2: 149–153.
7. Калюжная Т.В., Орлова Д.А., Карпенко Л.Ю. Зависимость пищевой ценности мяса от категории качества. Международный вестник ветеринарии. 2023; 2: 156–160.
8. Подкoryтова А. В., Игнатьева Т. А., Родина Т.В. Пищевая и биологическая ценность мышечных тканей морских млекопитающих и их использование. Труды ВНИРО. 2017; 168: 156–187.
9. Романова А.В., Кропотин А.В., Сунцова Н.А. Морские млекопитающие как источник биологически активных веществ. Морские млекопитающие Голарктики: сборник научных трудов по материалам X международной конференции, посвящённой памяти А. В. Яблокова. Архангельск: РОО «Совет по морским млекопитающим», 2019; Т. 1: 268–274. DOI: 10.35267/978-5-9904294-0-6-2019-1-268-274
10. Шульгина Л. В., Якуш Е. В., Бутенко А. Р. и др. Пищевая и биологическая ценность натуральных консервов из мяса лахтакта *Erignathus barbatus*. Известия ТИНРО. 2026; 206(1): 226–238. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-226-238

REFERENCES

1. Boltnev A.I., Zagrebelsky S.V., Zabavnikov V.B., et al. Status of marine mammal stocks and fisheries in Russia in 2000–2020. Proceedings of VNIRO. 2024; 195: 205–231. (in Russ) DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-205-231
2. Ershova T.S., Zaitsev V.F., Gadzhidadaev M.Z., et al. Trace element composition of the Caspian seal (*Phoca caspica* Gmelin, 1788) under conditions of technogenic impact on the biosphere. South of Russia: Ecology, Development. 2022; 17(1(62)): 49–61. (in Russ) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-49-61
3. Kalyuzhnaya T.V., Olontsev V.A., Orlov S.I. Determination of protein, water, and fat content in the meat of fur-bearing animals using near-infrared spectrometry. International Veterinary Bulletin. 2025; (4): 236–241. (in Russ) DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.4.236
4. Kalyuzhnaya T.V. On the nutritional value of nutria meat. Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2018; (3): 197–199. (in Russ) DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.3.197
5. Kalyuzhnaya T.V. Veterinary-sanitary examination and assessment of nutria meat under various temperature and humidity storage conditions. International Veterinary Bulletin. 2019; 2: 86–92. (in Russ)
6. Kalyuzhnaya T.V., Orlova D.A. On the amino acid composition of pork with quality defects. Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2023; 2: 149–153. (in Russ)
7. Kalyuzhnaya T.V., Orlova D.A., Karpenko L.Yu. Dependence of meat nutritional value on quality category. International Veterinary Bulletin. 2023; 2: 156–160. (in Russ)
8. Podkorytova A.V., Ignatova T.A., Rodina T.V. Nutritional and biological value of marine mammal muscle tissues and their utilization. Proceedings of VNIRO. 2017; 168: 156–187. (in Russ)
9. Romanova A.V., Kropotin A.V., Suntsova N.A. Marine mammals as a source of biologically active substances. Marine Mammals of the Holarctic: Collection of Scientific Papers Based on Materials of the X International Conference Dedicated to the Memory of A.V. Yablokov. Arkhangelsk: Regional Public Organization "Marine Mammal Council", 2019; Vol. 1: 268–274. (in Russ) DOI: 10.35267/978-5-9904294-0-6-2019-1-268-274
10. Shulgina L. V., Yakush E. V., Butenko A. R., et al. Nutritional and biological value of natural canned meat from the bearded seal (*Erignathus barbatus*). Izvestiya TINRO. 2026; 206(1): 226–238. (in Russ) DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-226-238

Поступила в редакцию / Received: 15.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 24.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА СВИНИНЫ**Антон Николаевич Токарев^{1✉}, Андрей Андреевич Терехов², Алина Сергеевна Смолькина³**^{1,2,3} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹ д-р ветеринар. наук, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы, email: tokarev.an@internet.ru,
orcid.org/0000-0002-7117-306X² ассистент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, orcid.org/0000-0002-0436-5627³ канд. ветеринар. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, orcid.org/0000-0002-1069-4208**РЕФЕРАТ**

В статье представлены результаты ветеринарно-санитарной экспертизы 10 туш свиней, полученных на территории Ленинградской области. Актуальность исследования обусловлена высокими ветеринарно-санитарными рисками, связанными с реализацией и переработкой свинины: мясо и субпродукты могут выступать фактором передачи зооантропонозных заболеваний и причиной пищевых токсикоинфекций.

Цель работы — оценить качество и безопасность свинины посредством комплексного применения органолептических, физико-химических, микроскопических и специальных методов исследования. Исследования выполнены на базе лаборатории кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО СПбГУВМ. В ходе работы проведены: органолептическая оценка (включая осмотр головы, внутренних органов и туши, пробу варки), трихинеллоскопия, определение продуктов первичного распада белка (реакция с сернокислой медью), бензидиновая проба, измерение pH потенциометрическим методом, а также микроскопия мазков-отпечатков с окраской по Граму.

Результаты показали, что по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям большинство туш соответствует критериям свежести и требованиям нормативных документов: мясо имело характерные цвет, консистенцию и запах, бульон — прозрачность и выраженный аромат; реакция с сернокислой медью была отрицательной, pH находился в диапазоне 5,6–5,9, количество микроорганизмов в мазках-отпечатках составляло 1–8 микробных тел в поле зрения. Личинки трихинеллы при трихинеллоскопии не обнаружены.

При этом в отдельных тушах выявлены локальные патологические изменения: в тушах № 3 и 9 диагностирована гемаспирация, в туше № 8 — аспирация кормовыми массами (поражённые лёгкие направлены на техническую утилизацию); в тушах № 1, 6 и 7 обнаружены очаги жировой дистрофии печени (участки зачищены и утилизированы).

По итогам экспертизы туши (за исключением забракованных фрагментов) признаны пригодными для реализации без ограничений. Полученные данные подтверждают эффективность комплексного подхода к ветеринарно-санитарной экспертизе свинины и демонстрируют значимость сочетания органолептических и лабораторных методов для объективной оценки качества и безопасности мясной продукции.

Ключевые слова: ветеринарно-санитарная экспертиза, свинина, физико-химические показатели, органолептические исследования.

Для цитирования: Токарев А.Н., Терехов А.А., Смолькина А.С. Ветеринарно-санитарная экспертиза свинины. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:221-224. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.221>

VETERINARY AND SANITARY EXAMINATION OF PORK**Anton N. Tokarev^{1✉}, Andrey An. Terekhov², Alina S. Smolkina³**^{1,2,3} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation¹ Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Veterinary-Sanitary Expertise, tokarev.an@internet.ru, orcid.org/0000-0002-7117-306X² Assistant, Department of Veterinary-Sanitary Expertise, orcid.org/0000-0002-0436-5627³ Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary-Sanitary Expertise, orcid.org/0000-0002-1069-4208**ABSTRACT**

The article presents the results of a veterinary and sanitary examination of 10 pig carcasses obtained in the Leningrad Region. The relevance of the study is due to the high veterinary and sanitary risks associated with the sale and processing of pork: meat and offal can act as a factor in the transmission of zoonanthropoctic diseases and cause foodborne toxic infections.

The aim of the work is to assess the quality and safety of pork through the comprehensive use of organoleptic, physicochemical, microscopic, and special research methods. The studies were carried out at the laboratory of the Department of Veterinary and Sanitary Examination of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. During the work, the following were carried out: organoleptic assessment (including examination of the head, internal organs, and carcass, as well as a cooking test), trichinoscopy, determination of primary protein breakdown products (reaction with copper sulfate), benzidine test, pH measurement using the potentiometric method, and microscopical examination of smear impressions with Gram staining.

The results showed that, based on organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators, most carcasses met the freshness criteria and the requirements of regulatory documents: the meat had the characteristic color, texture, and odor; the broth was clear and had a pronounced aroma; the reaction with copper sulfate was negative; the pH was in the range of 5.6-5.9; the number of microorganisms in the smears and imprints was 1-8 microbial bodies per field of view. Trichinella larvae were not detected during trichinelloscopy.

At the same time, local pathological changes were detected in some carcasses: hemataspiration was diagnosed in carcasses No. 3 and 9, and aspiration of feed masses was diagnosed in carcass No. 8 (the affected lungs were sent for technical disposal); in carcasses No. 1, 6 and 7, foci of fatty liver dystrophy were found (the affected areas were cleaned and disposed of).

Based on the examination results, the carcasses (with the exception of the rejected fragments) were found to be suitable for sale without restrictions. The data obtained confirm the effectiveness of a comprehensive approach to the veterinary and sanitary examination of pork and demonstrate the importance of combining organoleptic and laboratory methods for an objective assessment of the quality and safety of meat products.

Key words: veterinary-sanitary assessment, pork, physicochemical parameters, organoleptic analysis.

For citation: Tokarev A.N., Terekhov A.A., Smolkina A.S. Veterinary and sanitary examination of pork. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:221-224. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.221>

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее ценных видов мяса является свинина [3,4]. Однако реализация и переработка свинины сопряжены с серьёзными ветеринарно-санитарными рисками. Мясо и субпродукты могут служить фактором передачи зооантропонозных заболеваний, а также источником пищевых токсикоинфекций при нарушении правил убоя и хранения.

В связи с этим ветеринарно-санитарная экспертиза выступает обязательным и ключевым элементом системы контроля качества и безопасности мясной продукции. Её задача не только подтвердить пригодность свинины для пищевых целей, но и своевременно выявить патологические изменения, исключить реализацию недоброкачественного сырья, а также предотвратить распространение опасных заболеваний [1,2,5].

Цель исследования провести ветеринарно-санитарную экспертизу туш свиней полученных на территории Ленинградской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на убойном пункте Ленинградской и в лаборатории кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО СПбГУВМ. В качестве материалов исследования были использован материал, полученный от 10 туш свиней, отобранный на предприятии, находящимся на территории Ленинградской области.

Были проведены органолептические исследования (осмотр головы, внутренних органов и туши, исследование внешнего вида, состояния мышц на разрезе, консистенцию, запаха, состояния сухожилий и жира, а также проба варки), трихинеллоскопия, физико-химические исследования (определение продуктов первичного распада белка, бензидиновая проба и определение pH) и микроскопия мазков отпечатков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе органолептических исследований проведён комплексный осмотр головы туши. Выполнили разрез и оценку подчелюстных, околоушных и шейных лимфатических узлов — патологических изменений не выявлено.

С целью выявления цистицеркоза сделали одиночные разрезы наружных и внутренних жевательных мышц с обеих сторон - цистицерки отсутствуют.

При исследовании ротовой полости и смежных структур оценили состояние языка, слизистой оболочки гортани, надгортанника и миндалин. Язык характеризовался мягкой и упругой консистенцией; слизистые оболочки имели розовый цвет и выраженный блеск; миндалины не увеличены. Патологических отклонений не обнаружено.

Селезёнка при внешнем осмотре и на разрезе соответствовала норме: поверхность гладкая, консистенция упругая, размеры не увеличены, структура паренхимы на срезе типична для здорового животного.

Исследование лёгких включало наружный осмотр, пальпацию, вскрытие крупных бронхов и разрез бронхиальных лимфатических узлов (левого, правого и среднего). У большинства туш лёгкие имели нормальную воздушность, лимфатические узлы не изменены, просвет бронхов чистый. При этом в тушах № 3, 9 выявлена гемаспирация, а в туше № 8 — аспирация кормовых масс; указанные образцы направлены на техническую утилизацию.

Сердце подвергли детальному осмотру: оценили состояние эпикарда и миокарда, выполнили разрез по большой кривизне правого и левого отделов для изучения эндокарда и характера крови. Дополнительно произвели 1–2 продольных и один несквозной поперечный разрез сердечной мышцы для исключения цистицеркоза, саркоцистоза и других паразитарных поражений. Во всех образцах эндокард и миокард не имели патологических изменений, в толще мышечной ткани отклонений не обнаружено.

Печень исследовали путём осмотра и пальпации с диафрагмальной и висцеральной сторон. Провели оценку портальных лимфатических узлов, а также выполнили 2–3 несквозных разреза по ходу желчных протоков с висцеральной стороны для исключения описторхоза. В целом печень отличалась гладкой поверхностью, упругой консистенцией, отсутствием патологических изменений; желчные ходы были чистыми. Исключение составили туши № 1, 6 и 7, в них выявлены участки жировой дистрофии печени разного размера; данные фрагменты зачищены и направлены на техническую утилизацию.

Почки освободили от капсулы, провели

осмотр как снаружи, так и на разрезе. Во всех тушах почки не увеличены, без признаков патологии; структура на срезе чёткая — хорошо различимы мозговой и корковый слой.

Общий осмотр туши выполнен с наружной и внутренней стороны. Вскрыты предлопаточные, лимфоузлы коленной складки и поверхностные паховые лимфоузлы. Для трихинеллоскопии отобраны две пробы массой по 60 г — от ножек диафрагмы и межрёберных мышц. При оценке органолептических характеристик (внешний вид, цвет, консистенция, запах, состояние жира и сухожилий) патологические изменения не выявлены, лимфатические узлы без отклонений.

Органолептические показатели туш соответствуют требованиям к свежему мясу, а именно: на поверхности присутствует корочка подсыхания бледно-красного цвета; мясо слегка влажное, не оставляет мокрого следа на фильтровальной бумаге, цвет мышечной ткани — красный; на разрезе мясо плотное и упругое; ямка, образующаяся при надавливании пальцем, быстро выравнивается, запах и вкус — характерные для свежей свинины, жир — белого цвета, мягкий, эластичный, без посторонних запахов, сухожилия — упругие и плотные; поверхность суставов — гладкая, с выраженным блеском.

При пробе варкой все образцы дали прозрачный ароматный бульон с крупными каплями жира, за исключением образца №14-бульон от этой туши был мутноватый, без хлопьев, аромат ослаблен.

Для трихинеллоскопии отбирали пробы из ножек диафрагмы и межрёберных мышц.

Подготовленные срезы разместили в центре полей клеток нижнего стекла компрессориума, затем затянули винты и аккуратно раздавили срезы верхним стеклом - до достижения прозрачности препарата. Всего подготовили и исследо-

вали 24 среза с помощью проекционного трихинеллоскопа «Стейк».

В ходе исследования личинки трихинелл ни в одном из срезов, взятых от исследуемых туш, не обнаружены.

Определение продуктов первичного распада белка проводили с помощью реакции с сернокислотой медью. Во всех пробах реакция была отрицательная, на что указывало отсутствие помутнения и выпадения осадка.

По результатам исследования на пероксидазу все реакции были положительные.

Определение pH проводили потенциометрическим методом с использованием pH-метра. По результатам было установлено, что показатели находились в диапазоне от 5,6 до 5,9.

Микроскопия проводилась мазками-отпечатками. Окраску проводили по Граму. В результате было установлено, что количество микроорганизмов в поле зрения во всех пробах составляло от 1 до 8 микробных тел, что соответствует показателем свежего мяса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований подтвердили, что все пробы соответствуют критериям свежести и безопасны для использования. При этом в отдельных тушах выявлены локальные патологические изменения.

В частности, в тушах № 3 и 9 диагностирована гемаспирация, а в туше № 8 - аспирация кормовыми массами. Поражённые лёгкие изъяты и направлены на техническую утилизацию.

Кроме того, в тушах № 1, 6 и 7 обнаружены очаги жировой дистрофии печени разной величины. Данные участки были зачищены и также отправлены на техническую утилизацию.

По итогам ветеринарно-санитарной экспертизы все туши соответствуют требованиям действующих нормативных документов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Терехов А.А., Смирнов А.В., Токарев А.Н. и др. Выявление фосфорорганических соединений методом тонкослойной хроматографии. *Международный вестник ветеринарии*. 2024;4:263-268.
2. Дадалиева С.А., Урбан В.Г. Использование бензидиновой пробы при исследовании свинины. Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: Материалы X юбилейной международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной году науки и технологий, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2021 года. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2021:94-95.
3. Деревянко В.С., Смирнов А.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза свинины на убойном пункте ООО "Агротек" в городе Петропавловске-Камчатском. Современные проблемы пищевой безопасности : материалы международной научной конференции, Санкт-Петербург, 22–23 октября 2020 года. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2020: 257-259.
4. Токарева О.А., Токарев А.Н., Енгашев С.В. и др. Клинические испытания препарата Тилдок при микоплазмозе свиней. *Международный вестник ветеринарии*. 2020;2:196-198.
5. Лунегов А.М., Барышев В.А., Токарева О.А. Ветеринарная фармакология: учебное пособие. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2024:167 с.
6. Смирнов А.В., Урбан В.Г. Морфологический анализ исследования свинины. *Международный вестник ветеринарии*. 2020;1: 80-88.
7. Смирнов А.В., Сергеева А.А. Современные методы ветеринарно-санитарной экспертизы свинины на трихинеллез. Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ, Санкт-Петербург, 16 ноября 2018 года. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины. 2018: 95-97.

REFERENCES

1. Terekhov A.A., Smirnov A.V., Tokarev A.N., et al. Detection of organophosphorus compounds using thin-layer chromatography. *International Veterinary Bulletin*. 2024;4:263-268. (in Russ)
2. Dadaliev S.A., Urban V.G. Use of the benzidine test in the examination of pork. *Young People's Knowledge for the Development of Veterinary Medicine and the Country's Agro-Industrial Complex: Proceedings of the 10th Anniversary International Scientific Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists, Dedicated to the Year of Science and Technology*, St. Petersburg, November 23–24, 2021. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2021:94-95. (in Russ)
3. Derevyanko V.S., Smirnov A.V. Veterinary-sanitary examination of pork at the Agrotek LLC slaughter facility in Petropavlovsk-Kamchatsky. *Modern Problems of Food Safety: Proceedings of the International Scientific Conference*, St. Petersburg, October 22–23, 2020. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2020:257-259. (in Russ)
4. Tokareva O.A., Tokarev A.N., Engashev S.V., et al. Clinical trials of the drug Tildok for porcine mycoplasmosis. *International Veterinary Bulletin*. 2020;2:196-198. (in Russ)
5. Lunegov A.M., Baryshev V.A., Tokareva O.A. *Veterinary Pharmacology: A Study Guide*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2024: 167 p. (in Russ)
6. Smirnov A.V., Urban V.G. Morphological analysis of pork examination. *International Veterinary Bulletin*. 2020;1: 80–88. (in Russ)
7. Smirnov A.V., Sergeeva A.A. Modern methods of veterinary-sanitary inspection of pork for trichinellosis. *Proceedings of the National Scientific Conference of Faculty, Researchers, and Postgraduate Students of SPbGAVM*, Saint Petersburg, November 16, 2018. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine. 2018: 95–97. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 02.09.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 17.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц. Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35, Моб. тел.: 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**

ОТКРЫТЫЙ АРТЕРИАЛЬНЫЙ ПРОТОК ПРИ ДИСПЛАЗИИ ТРИКУСПИДАЛЬНОГО КЛАПАНА У СОБАК: ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОМПЕНСАТОРНАЯ РОЛЬ ШУНТА

Ирина Евгеньевна Ванюшкина¹, Виктория Николаевна Гапонова^{2✉}

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация
¹ ассистент ветеринарного врача

² канд. ветеринар. наук, доцент кафедры патологической физиологии, email: viktoriya240@mail.ru, orcid.org/0000-0001-8528-7992

РЕФЕРАТ

Дисплазия трикуспидального клапана (ТК) - врождённый порок, приводящий к регургитации и дилатации правых отделов сердца. Открытый артериальный проток (ОАП) является частым врождённым пороком у собак, вызывающим лево-правый шунт и объёмную перегрузку левых отделов сердца. Сочетание этих пороков встречается редко, а гемодинамическое взаимодействие между ними недостаточно изучено. Отсутствие стандартизированных протоколов диагностики и лечения при сочетанных пороках сердца у собак создаёт трудности для ветеринарных специалистов в выборе тактики ведения [1,4].

Цель работы - анализ патогенетических особенностей и оценка компенсаторной роли шунта при дисплазии трикуспидального клапана у собак с открытым артериальным протоком.

Исследование выполнено на базе ветеринарной кардиологической клиники «Котонай», объект наблюдения - собака породы шпиц, кобель, 4 года, масса тела 3,6 кг. Диагностическое обследование включало клинический осмотр, эхокардиографию (ЭхоКГ) в М - режиме, 2D - режиме и с доплерографией, оценку размеров камер сердца, степени регургитации на ТК, параметров лёгочной гипертензии, признаков застоя по большому кругу кровообращения. Проведена консервативная медикаментозная терапия: торасемид, пимобendan, силденафил. Хирургическая коррекция ОАП не выполнялась. Динамическое наблюдение - 11 месяцев [5].

При первичном обследовании выявлены дилатация правого предсердия (ПП) и правого желудочка (ПЖ), регургитация на ТК 3 степени, ОАП с непрерывным лево-правым сбросом; дилатация левого предсердия и лёгочная гипертензия (ЛГ) отсутствовали (LA/Ao в пределах нормы). Через 11 месяцев отмечено прогрессирование недостаточности ТК (4 степень), увеличение размеров ПП (4,14 см) и ПЖ (RViDd 3,01 см), появление лёгкой/умеренной ЛГ (sPAP 39 мм рт.ст.), ОАП стал трудно различим. Левое предсердие оставалось нерасширенным (LA/Ao 1,26). Прямая количественная оценка шунта (Qp/Qs) признана методологически некорректной из-за выраженной регургитации на ТК [7].

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что открытый артериальный проток в данном случае выполняет компенсаторную функцию, поддерживая преднагрузку левого желудочка на фоне сниженного лёгочного кровотока при дисплазии ТК. Закрытие ОАП могло бы привести к острой декомпенсации и, как следствие, гибели животного. Таким образом, исследование показало, что хирургическая коррекция ОАП при сочетанном врожденном пороке у собак и отсутствии признаков левосторонней перегрузки при наличии медикаментозного контроля правожелудочковой недостаточности не является определяющей тактикой лечения животных с указанными патологиями. Полученные данные могут служить основой для разработки нормативных протоколов диагностики и лечения при сочетанных врождённых пороках сердца у собак [4].

Ключевые слова: открытый артериальный проток, дисплазия трикуспидального клапана, собака, правожелудочковая недостаточность, лёгочная гипертензия, эхокардиография, ветеринарная кардиология.

Для цитирования: Ванюшкина И.Е., Гапонова В.Н. Открытый артериальный проток при дисплазии трикуспидального клапана у собак: патогенетические особенности и компенсаторная роль шунта. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:225-228. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.225>

OPEN ARTERIAL DUCT IN DOGS WITH TRICUSPID VALVE DYSPLASIA: PATHOGENETIC FEATURES AND COMPENSATORY ROLE OF THE SHUNT

I.E. Vanyushkina¹, Viktoria N. Gaponova^{2✉}

^{1,2} Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation

¹ Veterinary Assistant

² Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Pathological Physiology, email: viktoriya240@mail.ru, orcid.org/0000-0001-8528-7992

ABSTRACT

Tricuspid valve dysplasia (TC) is a congenital malformation that leads to regurgitation and dilation of the right heart. Open ductus arteriosus (OAP) is a common congenital malformation in dogs that causes a left-right shunt and volume overload of the left heart. The combination of these defects is rare, and the hemodynamic interaction between them has not been sufficiently studied. The lack of standardized protocols for diagnosis and treatment of combined heart defects in dogs creates difficulties for veterinary specialists in choosing man-

agement tactics.

The aim of this work was to analyze the pathogenetic features and evaluate the compensatory role of the shunt in tricuspid valve dysplasia in dogs with an open ductus arteriosus.

The study was performed on the basis of the veterinary cardiology clinic "Kotonai", the object of observation is a Pomeranian dog, male, 4 years old, body weight 3.6 kg. The diagnostic examination included a clinical examination, echocardiography (EchoCG) in M-mode, 2D mode and with Dopplerography, an assessment of the size of the heart chambers, the degree of regurgitation on the heart, parameters of pulmonary hypertension, signs of stagnation in a large circle of blood circulation. Conservative drug therapy was performed: torasemide, pimobendan, sildenafil. Surgical correction of OAP was not performed. Dynamic observation - 11 months.

The initial examination revealed dilatation of the right atrium (PP) and right ventricle (RV), grade 3 TC regurgitation, and continuous left-right ventricular failure; left atrium dilatation and pulmonary hypertension (PH) were absent (LA/Ao within the normal range). After 11 months, there was a progression of TC insufficiency (grade 4), an increase in the size of PP (4.14 cm) and RV (RViDd 3.01 cm), the appearance of mild/moderate PH (sPAP 39 mmHg), and OAP became difficult to distinguish. The left atrium remained undeveloped (LA/Ao 1.26). Direct quantitative assessment of the shunt (Qp/Qs) is considered methodologically incorrect due to pronounced regurgitation on the TC.

The results of the study allow us to conclude that the open ductus arteriosus in this case performs a compensatory function, maintaining preload of the left ventricle against the background of reduced pulmonary blood flow in case of pulmonary dysplasia. The closure of the OAP could lead to acute decompensation and, as a result, death of the animal. Thus, the study showed that surgical correction of OAP in patients with combined congenital malformation in dogs and the absence of signs of left-sided overload in the presence of drug control of right ventricular failure is not the determining tactic for the treatment of animals with these pathologies. The data obtained can serve as a basis for the development of regulatory protocols for diagnosis and treatment of combined congenital heart defects in dogs.

Key words: patent ductus arteriosus, tricuspid valve dysplasia, dog, right ventricular failure, pulmonary hypertension, echocardiography, veterinary cardiology.

For citation: Vanyushkina I.E., Gaponova V.N. Open arterial duct in dogs with tricuspid valve dysplasia: pathogenetic features and compensatory role of the shunt. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2026;3:225-228. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.225>

ВВЕДЕНИЕ

Дисплазия трикуспидального клапана (ТК) представляет собой врождённый порок сердца, характеризующийся аномалиями развития створок, хорд и папиллярных мышц, что приводит к трикуспидальной регургитации и прогрессирующей дилатации правых отделов сердца. Открытый артериальный проток (ОАП) является одним из наиболее распространённых врождённых пороков сердца у собак; лево-правый шунт вызывает объёмную перегрузку малого круга кровообращения и левых отделов сердца.

Сочетание дисплазии ТК и ОАП встречается редко, а патогенетическое взаимодействие этих пороков остаётся малоизученным. Гемодинамически неясно, является ли ОАП в таких случаях дополнительнымотягощающим фактором, требующим хирургической коррекции, или может выполнять компенсаторную роль, поддерживая преднагрузку левых отделов сердца на фоне недостаточности ТК и сниженного лёгочного кровотока. При выраженной трикуспидальной регургитации прямая количественная оценка шунта (Qp/Qs) становится технически невозможной, что требует использования косвенных гемодинамических маркеров [6].

Современная нормативно-правовая база ветеринарной медицины в Российской Федерации устанавливает требования к диагностике и лечению заболеваний животных, однако специальные протоколы для сочетанных врождённых пороков сердца у собак отсутствуют. Это создаёт практические трудности для ветеринарных специалистов при выборе тактики ведения пациентов.

Цель работы - анализ патогенетических особенностей и оценка компенсаторной роли шунта при дисплазии трикуспидального клапана у собак с открытым артериальным протоком.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе ветеринарной кардиологической клиники «Котонай» в период с мая 2025 г. по апрель 2026 г. Объект наблюдения — собака породы шпиц, кобель, 4 года, масса тела 3,6 кг. Диагностическое обследование включало клинический осмотр и оценку анамнеза, эхокардиографию (ЭхоКГ) в М - режиме, 2D - режиме и с доплерографией, оценку размеров камер сердца (ПП, ПЖ, ЛП, ЛЖ), степени регургитации на ТК, параметров лёгочной гипертензии (TR Vmax, расчётное sPAP), оценку признаков застоя в большом круге кровообращения (спадение краниальной полой вены, состояние печёночных вен, наличие асцита, перикардального выпота), динамическое наблюдение в течение 11 месяцев с контрольными ЭхоКГ каждые 3 - 6 месяцев [8].

В качестве консервативной медикаментозной терапии применяли торасемид 0,1 мг/кг 1 - 2 раза в сутки, пимобendan 0,25 мг/кг 2 раза в сутки, силденафил 1,5 мг/кг 3 раза в сутки для контроля лёгочной гипертензии и снижения постнагрузки на правый желудочек. Хирургическая коррекция ОАП не выполнялась.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Животное поступило в клинику с жалобами на увеличение объема живота. При первичном исследовании ЭхоКГ выявила значительную ди-

латацию правого предсердия и правого желудочка, трикуспидальную регургитацию 3 степени, открытый артериальный проток с непрерывным лево-правым сбросом, отсутствие дилатации левого предсердия (LA/Ao в пределах нормы), отсутствие лёгочной гипертензии, признаки застоя по большому кругу кровообращения (спадение краниальной полой вены 20%), на основании чего был поставлен диагноз дисплазия ТК, ОАП, начальные признаки правожелудочковой недостаточности. На фоне консервативной терапии спустя 11 месяцев отмечалось ухудшение состояния: развились периферические отёки в области живота, задних конечностей, полидипсия (до 1,5 л/сут), выполнена эвакуация асцитической жидкости объёмом 2 л (масса тела снизилась), ЭхоКГ показала прогрессирование регургитации на ТК до 4 степени, увеличение ПП (ширина 4,14 см) и ПЖ (RViDd 3,01 см), соотношение RViDd/LViDd = 1,66 (доминирование правых отделов над левыми), ОАП стал трудно различим (вероятно, уменьшение сброса вследствие роста давления в лёгочной артерии и/или посткапиллярной ЛГ), левое предсердие оставалось нерасширенным (LA/Ao 1,26), появилась лёгкая/умеренная ЛГ: TR Vmax = 2,896 м/с, sPAP = 39 мм рт.ст., усилились признаки застоя по большому кругу (спадение краниальной вены 10%, расширение печёчных вен, асцит, следы жидкости в перикарде) [2, 4].

При оценке гемодинамической роли ОАП совокупность косвенных признаков указывает на возможную компенсаторную роль ОАП. Отсутствие исходной лёгочной гипертензии и дилатации левого предсердия (LA/Ao $\leq$ 1,6), достаточно длительная клиническая стабилизация (11 месяцев) без хирургической коррекции ОАП на фоне консервативной терапии, включая силденафил, лёгкая/умеренная ЛГ (sPAP 39 мм рт.ст.) на фоне тяжёлой трикуспидальной регургитации (4 степень) и выраженной дилатации правых отделов, ОАП стал трудно различим через 11 месяцев, что может свидетельствовать об уменьшении сброса, отсутствие дилатации левого предсердия и при-

знаков левосторонней недостаточности на фоне терапии силденафилом (снижение легочного сосудистого сопротивления) [3,8].

При дисплазии ТК снижается кровоток через малый круг, что уменьшает преднагрузку левого желудочка. ОАП с лево-правым сбросом создаёт дополнительный объём крови, возвращающийся в левые отделы, искусственно повышая преднагрузку и поддерживая сердечный выброс по закону Франка–Старлинга. Закрытие ОАП в такой ситуации могло бы привести к острой декомпенсации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные позволяют предположить, что в данном случае ОАП выполнял компенсаторную функцию, поддерживая преднагрузку левого желудочка на фоне сниженного лёгочного кровотока при дисплазии ТК. Отсутствие дилатации левого предсердия и лёгочной гипертензии в начале заболевания, длительная стабилизация на фоне консервативной терапии, а также заключение кардиолога о непервостепенном значении ОАП свидетельствуют против необходимости его хирургического закрытия. Развившаяся лёгочная гипертензия, вероятно, имеет посткапиллярный механизм (пассивное повышение давления вследствие застоя по большому кругу), а не прекапиллярный (ремоделирование лёгочных артериол из-за длительного лево-правого шунта), что подтверждается отсутствием дилатации левого предсердия. Прямая количественная оценка шунта в таких случаях часто невозможна из-за тяжёлой трикуспидальной регургитации и дилатации правых камер, поэтому решение о хирургической коррекции должно приниматься индивидуально, с учётом общей гемодинамики, а не только наличия ОАП. Полученные данные указывают на необходимость разработки специализированных нормативных протоколов для диагностики и лечения сочетанных врождённых пороков сердца у собак, которые учитывали бы индивидуальные гемодинамические особенности пациента [7].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Александрова Е.Ю., Крячко О.В. Взаимосвязь посттравматических невро-мышечных нарушений и показателей электролитного обмена у собак. Актуальные проблемы биомедицины-2023 : Материалы XXIX Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием, Санкт-Петербург, 30-31 марта 2023 года. Санкт-Петербург. Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова. 2023: 31-32.
2. Глазунов З.Ю., Анисимова К.А. Особенности приобретенных пороков сердца у собак в городе Тюмени. Global Issues Forum 2025: Veterinary Medicine, Biology, Biotechnology, Zootechnology, Pedagogical and Philological Sciences : Материалы IV международного научно-практического форума, Москва, 10-14 ноября 2025 года. Москва. Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА им. К.И. Скрябина. 2025: 126-131.
3. Давыдова А.Д., Анисимова К.А. Этиопатогенез дилатационной кардиомиопатии у собак породы доберман: клинические аспекты и генетические предрасположенности. Ветеринарная медицина и практика : Сборник научных статей. № 15. Санкт-Петербург. Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2026: 22-25.
4. Гиршов А.В., Кадыров Р.Р. Открытый артериальный (боталлов) проток у собак. Санкт-Петербургский ветеринарный журнал. 2016;1:44-48.
5. Спирина О.А. Эхокардиографическая характеристика и методы лечебной коррекции у собак синдрома легочной гипертензии. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025;9(251): 42-50.
6. Куликович А.Н., Ильяшенко Д.С. Дисплазия трикуспидального клапана у собак. Студенческая наука: современные реалии : материалы IV Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 6 марта 2018 г.) 2018. Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс». 2018. С. 10-12. ISBN

978-5-6040732-9-2.

7. Бун Д. Эхокардиография в двухмерном и Мрежиме у собак и кошек: пособие для ветеринарных врачей общей практики. М. Аквариум-Принт. 2015: 96 с.
8. МакМайкл М., Фрайз Р. Неотложные кардиологические состояния у мелких домашних животных. Диагностика и лечение: практика ветеринарного врача. -М. Аквариум. 2017: 96 с.
9. Дэй Т. Интерпретация ЭКГ критических состояний у собак и кошек. М. Аквариум-Принт. 2014:160 с.

REFERENCES

1. Aleksandrova E.Yu., Kryachko O.V. Interrelationship between post-traumatic neuromuscular disorders and electrolyte metabolism parameters in dogs. Current Problems in Biomedicine-2023: Proceedings of the XXIX All-Russian Conference of Young Scientists with International Participation, St. Petersburg, March 30–31, 2023. St. Petersburg: Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University; 2023: 31–32. (in Russ)
2. Glazunov Z.Yu., Anisimova K.A. Characteristics of acquired heart defects in dogs in the city of Tyumen. Global Issues Forum 2025: Veterinary Medicine, Biology, Biotechnology, Zootechnology, Pedagogical and Philological Sciences: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Forum, Moscow, November 10–14, 2025. Moscow: K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA; 2025: 126–131. (in Russ)
3. Davydova A.D., Anisimova K.A. Etiopathogenesis of dilated cardiomyopathy in Doberman dogs: clinical aspects and genetic predispositions. Veterinary Medicine and Practice: Collection of Scientific Articles. No. 15. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 2026: 22–25. (in Russ)
4. Girshov A.V., Kadyrov R.R. Patent ductus arteriosus (ductus Botalli) in dogs. St. Petersburg Veterinary Journal. 2016;1:44–48. (in Russ)
5. Spirina O.A. Echocardiographic characteristics and therapeutic correction methods for pulmonary hypertension syndrome in dogs. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2025;9(251):42–50. (in Russ)
6. Kulinkovich A.N., Ilyashenko D.S. Tricuspid valve dysplasia in dogs. Student Science: Modern Realities: Proceedings of the IV International Student Scientific and Practical Conference (Cheboksary, March 6, 2018). Cheboksary: Scientific Cooperation Center "Interactive Plus"; 2018:10–12. ISBN 978-5-6040732-9-2. (in Russ)
7. Boon J. Two-Dimensional and M-Mode Echocardiography for the Small Animal Practitioner. Moscow: Aquarium-Print; 2015:96 p.(in Russ)
8. McMichael M., Fries R. Emergency Cardiology in Small Animals: Diagnosis and Treatment. Moscow: Aquarium; 2017:96 p. (in Russ)
9. Day T. ECG Interpretation for the Small Animal Practitioner. Moscow: Aquarium-Print; 2014:160 p. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 29.06.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ИЗ ИСТОРИИ ВЕТЕРИНАРИИ

УДК 619:616.9

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2026.3.229

РОЛЬ ПЕРВОГО ВЕТЕРИНАРНОГО ИНСТИТУТА В РАЗВИТИИ ВЕТЕРИНАРНОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ ЯКУТИИ

Михаил Петрович Неустроев^{1✉}, Сусанна Анатольевна Васильева², Александра Николаевна Максимова³

^{1,2}ЯНИИСХ имени М.Г. Сафронова - обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ ЯНЦ СО РАН Республика Саха (Якутия), Российская Федерация

³Арктический ГАТУ, Российская Федерация

¹д-р.ветеринар.наук, профессор, гл. научный сотрудник лаборатории ветеринарной биотехнологии, email: mneustroev50@mail.ru, orcid.org/0000-0003-0672-4109

²аспирант orcid.org/0009-0006-5173-4348

³канд.ветеринар.наук, доцент кафедры инфекционных и инвазионных болезней имени профессора Бочкарева И.И., orcid.org/0000-0003-4680-148X

РЕФЕРАТ

В 2026 году Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства отмечает сразу два знаменательных юбилея: 70-летие создания комплексной научно-исследовательской организации и 100-летие начала деятельности первого ветеринарного бактериологического института. Именно этот институт положил начало развитию ветеринарной науки в республике, играя ключевую роль в борьбе с серьёзными инфекционными заболеваниями крупного рогатого скота и лошадей, такими как сибирская язва, представлявшими угрозу здоровью животных и благополучию местного населения в прошлом веке.

В данной статье представлен подробный исторический обзор основных этапов становления и преобразования института, охватывающий период от его возникновения до текущего состояния. Описаны структурные изменения внутри организации, рост профессиональных компетенций персонала и значительное расширение масштабов научных исследований.

Институт прошёл долгий путь от небольшой ветеринарной лаборатории до современного центра, оснащённого передовыми технологиями и обладающего высококлассными специалистами. Анализируя историю института, мы видим, как постепенно формировались научные школы, развивались уникальные направления исследований, внедрялись современные биотехнологические методы, позволившие разработать эффективные меры профилактики и лечения инфекционных и паразитарных заболеваний животных. Современная инфраструктура института позволяет проводить глубокие исследования и развивать инновационные подходы к охране здоровья животных, обеспечению экологической безопасности и устойчивому развитию агропромышленного комплекса Якутии. Исследовательская активность института играет ключевую роль в сохранении биоразнообразия и поддержании стабильности экосистем республики.

Ключевые слова: 100 летний юбилей, ветеринарный институт инфекционные болезни, вакцина, лаборатория ветеринарной биотехнологии.

Для цитирования: Неустроев М.П., Васильева С.А., Максимова А.Н. Роль первого ветеринарного института в развитии ветеринарной науки и практики Якутии. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:229-233. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.229>

THE ROLE OF THE FIRST VETERINARY INSTITUTE IN THE DEVELOPMENT OF VETERINARY SCIENCE AND PRACTICE IN YAKUTIA

Michael P. Neustroev^{1✉}, Susanna An. Vasilyeva², Alexandra N. Maximova³

^{1,2}Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov is a separate division of the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center "Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Russian Federation, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation

³Arctic State Agrotechnological University, Russian Federation

¹Doctor of Veterinary Sciences, professor, chief researcher at the Laboratory of Veterinary Biotechnology, email: mneustroev50@mail.ru, orcid.org/0000-0003-0672-4109

²post-graduate student, orcid.org/0009-0006-5173-4348

³Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Infectious and Invasive Diseases named after Professor I.I. Bochkarev, orcid.org/0000-0003-4680-148X

ABSTRACT

In 2026, the Yakutsk Research Institute of Agriculture marks two significant milestones: the 70th anniversary of the establishment of this multidisciplinary research organization and the centenary of the founding of the first veterinary bacteriological institute. It was this institute that pioneered the development of veterinary science in the republic, playing a pivotal role in combating serious infectious diseases affecting cattle and horses.

es—such as anthrax—which posed a threat to animal health and the well-being of the local population during the last century.

This article presents a detailed historical overview of the key stages in the institute's formation and transformation, spanning the period from its inception to the present day. It describes the structural changes within the organization, the growth of staff expertise, and the significant expansion of the scope of scientific research.

The institute has come a long way from a small veterinary laboratory to a modern center equipped with cutting-edge technology and staffed by highly qualified specialists. An analysis of the institute's history reveals the gradual emergence of scientific schools, the development of unique research areas, and the implementation of modern biotechnological methods that have enabled the creation of effective measures for the prevention and treatment of infectious and parasitic animal diseases. The institute's modern infrastructure facilitates in-depth research and the development of innovative approaches to animal health, environmental safety, and the sustainable development of Yakutia's agro-industrial complex. The institute's research activities play a key role in preserving biodiversity and maintaining the stability of the republic's ecosystems.

Key words: 100th anniversary, veterinary Institute, infectious diseases, vaccine, laboratory of Veterinary Biotechnology.

For citation: Neustroev M.P., Vasilyeva S.A., Maksimova A.N. The role of the first veterinary institute in the development of veterinary science and practice in Yakutia. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2026;3:229-233. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.229>

ВВЕДЕНИЕ

В 2026 году Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства отмечает сразу два знаменательных юбилея: 70-летие создания комплексной научно-исследовательской организации и 100-летие начала деятельности первого ветеринарно-бактериологического института. Именно этот институт положил начало развитию ветеринарной науки в республике, играя ключевую роль в борьбе с серьёзными инфекционными заболеваниями крупного рогатого скота и лошадей, такими как сибирская язва, представлявшими угрозу здоровью животных и благополучию местного населения в прошлом веке.

Институт вёл активную работу по диагностике, выявлению источников заражения и созданию эффективных мер профилактики инфекционных болезней, способствуя сохранению популяции животных и улучшению эпизоотической обстановки в Якутии.

Сегодня преемником традиций тех времён выступает современный научный институт, продолжающий вести исследования в области ветеринарии, разрабатывая инновационные методы и технологии для охраны здоровья животных и обеспечения пищевой безопасности.

Юбилейная дата станет поводом вспомнить славное прошлое, оценить нынешние достижения и обсудить дальнейшие пути развития ветеринарной науки и аграрного сектора Республики Саха (Якутия), подчёркивая уникальность опыта учёных, накопленного за десятилетия успешной работы.

Несмотря на значительные успехи, перед институтом стоят серьёзные вызовы. К ним относятся рост числа устойчивых штаммов бактерий, необходимость адаптации к изменениям климата и угрозам продовольственной безопасности. Для преодоления этих проблем необходимы дополнительные инвестиции в инфраструктуру, привлечение молодых учёных и повышение квалификации сотрудников.

Таким образом, юбилейный год служит поводом не только для празднования достижений прошлого, но и для осмысления перспектив дальнейшего развития ветеринарной науки и агропромышленного комплекса республики.

Цель исследования - провести комплексный анализ исторического развития ветеринарного института, выделения важных этапов её формирования и роста, а также оценке её весомого вклада в развитие ветеринарной науки и практики в Якутии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследования послужили библиографические и исторические материалы, архивные документы Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, Национального архива Республики Саха (Якутия), а также архивы Управления ветеринарии Республики Саха (Якутия). Методы исследования включали анализ архивных документов и исторических источников, библиографическое исследование литературы по тематике ветеринарии и истории Якутии, сравнительный анализ ключевых этапов развития ветеринарной бактериологической лаборатории.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Научными исследованиями в области ветеринарной медицины в период сложной эпизоотической ситуации по инфекционным болезням животных, особенно по сибирской язве, в конце 19 - начале 20 века стали заниматься после открытия 1 августа 1908 г. губернатором Якутии Иваном Ивановичем Крафтом по разрешению премьер – министра России Петра Аркадьевича Столыпина в г. Якутске ветеринарно-бактериологической лаборатории [10]. Эту дату по правилам исторической науки и надо считать датой основания ныне Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения РАН» (ЯНИИСХ ФИЦ ЯНЦ СО РАН).

С учётом сложной эпизоотической ситуации особым Постановлением Совнаркома ЯАССР от 19 марта 1926 года 100 лет назад ветеринарная лаборатория была преобразована в Ветеринарный институт (на тот момент это был первая организация со статусом Института), который затем переименован в этом же месяце в Ветеринарно-бактериологический институт.

Основными задачами института являлись

такие научные направления как разработка и приготовление прививочных материалов – сыворотки и вакцин против сибирской язвы, эмфизематозного карбункула и других бактериальных препаратов, потребных для борьбы с эпизоотией, приготовление бактериальных культур для истребления местных грызунов вредителей полей, исследование болезней домашних животных, встречающихся в Якутской республике в заразной форме, опыты по противосибиреязвенной прививки северным оленям различными способами для получения прочного и быстрого иммунитета, вакцинация по Пастеру, серовакцинация, кожная иммунизация и серотерапия и другие практико-ориентированные научные задачи.

В книге «Автономная Якутия 1924-1925: отчёты и обзоры к IV Всеякутскому съезду Советов» указано, что в 1925 году заведующий ветеринарной лабораторией А.И. Кондаков совершил поездку в Москву, целью которой стала ознакомительная командировка по изучению современного состояния бактериологической науки и организации лабораторной работы, а также методам противодействия наиболее опасным заболеваниям животных, таким как сибирская язва, эмфизематозный карбункул, белый понос у телят и копытная болезнь оленей [1].

С 1931 года работа института включала в себя исследование инфекционных и широко распространённых заболеваний домашнего скота, анализ отдельных случаев массовых эпизоотий среди животных, разработку научных подходов к их предотвращению и лечению, а также производство необходимых ветеринарных препаратов. В 1934 году название «ветбакинститут» сменилось на «ветбаклаборатория», поскольку основная деятельность сместилась с изготовления биологических препаратов на выполнение диагностических исследований поступающего материала при сохранении научных направлений исследований. В 1937 году на основании действующей лаборатории была организована Якутская ветеринарно-опытная станция. Совет Народных Комиссаров Якутской АССР принял специальное постановление, регламентирующее порядок проведения научных исследований («Положение о научной исследовательской работе»). 14 марта 1939 года Советом Народных Комиссаров Якутской АССР были сформированы две специализированные станции: Якутская селекционная станция на основе существовавшей сельскохозяйственной опытной станции и Якутская животноводческая опытная станция на базе племенного совхоза Наркомзема ЯАССР [3].

Постановление Совета Министров Якутской АССР № 145 от 30 марта 1956 года официально учредило Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (ЯНИИСХ), определив его цели и задачи по проведению комплексных научных исследований в сельском хозяйстве региона. Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства был сформирован путём слияния трёх организаций: Якутской государственной селекционной станции, Якутской республиканской опытной станции животноводства и отдела животновод-

ства Якутского филиала Академии наук СССР. В 1958 г. Якутская научно-исследовательской ветеринарной станция вошла в состав комплексного научно-исследовательского Института сельского хозяйства как составная его часть. Благодаря сохранению научного статуса ветеринарного подразделения с 1908 г., ЯНИИСХ в статусе обособленного подразделения ФИЦ ЯНЦ СО РАН может считаться старейшей академической научной структурой Сибири и Дальнего Востока, ныне входящей в систему подведомственных структур Министерства науки и высшего образования РФ. В честь огромной роли в науке и практике Михаила Григорьевича Сафронова, ветерана Великой Отечественной войны, директора научно-исследовательской ветеринарной станции 1947 - 1958 гг., директора ЯНИИСХ 1960 – 1988 гг. в настоящее время Якутский НИИСХ ФИЦ ЯНЦ СО РАН носит его имя [4].

Деятельность учреждений ветеринарного направления имело огромное положительное значение в деле борьбы с такими опасными болезнями как бешенство, сибирская язва, чума, повальное воспаление легких, инфекционная анемия лошадей, беломышечная болезнь телят и другие, а также в изучение и практических мер борьбы с бруцеллезом, туберкулезом, паратуберкулезом, некробактериозом, болезнями телят, паразитарными болезнями, вопросов зоогигиены зимнего содержания скота и другие. В результате внедрения достижений науки в настоящее время республика оздоровлена от опасных инфекционных болезней, как бруцеллез крупного рогатого скота, туберкулез, паратуберкулез и сальмонеллез.

В настоящее время в структуре Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства функционирует ветеринарное подразделение, состоящее из четырех профильных направлений: лаборатория ветеринарной биотехнологии (2014), лаборатория по разработке микробных препаратов (1997), лаборатория гельминтологии (2012), лаборатория арахноэнтомологии (2013). Лаборатория ветеринарной биотехнологии была основана в 2014 году на основе двух подразделений: лаборатории по разработке микробных препаратов и лаборатории санитарии и гигиены сельскохозяйственных животных. Главное направление исследований сосредоточены на создании специфических средств и методов для профилактики инфекционных заболеваний лошадей. Разработаны и утверждены вакцина против мьта, вакцина против сальмонеллезного аборта, завершены доклинические и клинические испытания комбинированных вакцин против ринопневмонии и мьта, ринопневмонии и сальмонеллезного аборта, ринопневмонии, сальмонеллезного аборта и мьта лошадей. На базе ООО Научно-производственный центр Хоту-Бакт, учрежденной ФИЦ ЯНЦ СО РАН, организовано производство утвержденных вакцин. В настоящее время развивается новое направление – разработка бактериофагов против возбудителя сальмонеллезного аборта лошадей. В результате исследований впервые выделены и депонированы штаммы *Streptococcus equi* H-5/1 (2018) и *Salmonella abortus equi* БН-12 (2022), из которых изготовлены вакцины.

Основные направления исследований лаборатории по разработке микробных препаратов: поиск и селекция штаммов – продуцентов биологически активных веществ, изучение микрофлоры домашних, диких и ископаемых животных, микробной контаминации объектов внешней среды, выживаемости патогенных и условно-патогенных микроорганизмов на объектах внешней среды, иммунобиологической реактивности организма животных, разработка биологических препаратов с использованием микробиологического, животного и растительного сырья для получения органической продукции, биологических препаратов для пищевой промышленности и охраны природы, разработка биологических препаратов для растениеводства (биологические удобрения, препараты для борьбы с болезнями растений), разработка и производство биологических препаратов, кормовых добавок с использованием биоресурсов Арктики и Субарктики для обеспечения биологической безопасности.

Создана уникальная коллекция микроорганизмов, включающая 12 новых штаммов, выделенных из мерзлотных почв, сельскохозяйственных и диких животных Якутии, древнейших микроорганизмов (палеомикробиота) и якутского традиционного напитка — кумыса. Данные микроорганизмы зарегистрированы и внесены во всероссийские и государственные коллекции: штамм бактерий *Bac. subtilis* ТНП-3 (2022, 2024 гг.), *Bac. subtilis* ТНП-5 (2022, 2024 гг.), *Bac. subtilis* «Колыма-7/2к» (2024 г.), *Bac. subtilis* «Оймякон-6/1» (2024 г.), *Lac. acidophilus* K 1902 (2019 г.), *Lac. delbrueckii subsp. bulgaricus* K 1903 (2019 г.), *Lac. acidophilus* K 1901 (2019 г.), *Clavispora lusitanea* 1 D (2021 г.), *Bac. subtilis* 2 СП (2023 г.), *Bac. subtilis* 5 СП (2023 г.), *Bac. subtilis* 11 K (2024 г.), *Bac. subtilis* 27 L (2024 г.). Эта коллекция является ценным ресурсом для дальнейших научных исследований и разработок в области ветеринарии и микробиологии [2].

Разработаны и изданы методические пособия и рекомендации для борьбы с дисбактериозом, микотоксикозами, по обеззараживанию объектов внешней среды, биоремедиации нефтезагрязненных почв, силосовании кормов, обеззараживании навоза и помета. Выделенные и депонированные штаммы использованы для разработки пробиотика Сахабактисубтил (2006 – 2021 гг.), новых ферментных пробиотических кормовых добавок для крупного рогатого скота, свиней, лошадей и птиц. Лабораториями по разработке микробных препаратов и ветеринарной биотехнологии получены 55 патентов на изобретение России, 1 Евразийский, 1 Китайский.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Автономная Якутия, 1924 - 1925: отчеты и обзоры к 4 Всеякутскому Съезду Советов. - Якутск: Изд-е Госплана ЯАССР, 1926. - XXXII., 308 с., [7] л. табл.
2. Достижения и проблемы ветеринарной медицины на Крайнем Севере Российской Федерации: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 115-летию организации Якутской бактериологической лаборатории и проведения научных исследований по ветеринарной медицине в Якутии: Якутск, 7-8 декабря 2023 г. / составитель М.П. Неустроев. Якутск: Дани-Алмас, 2024: 936с.
3. Неустроев М.П., Черосов М.М., Васильева С.А. История развития научных исследований по ветеринарной медицине в 1871-1960 гг. в Якутии. Веткорм. 2024;3: 92-96.

Лаборатория гельминтологии была создана в 2012 году на базе прежней лаборатории паразитологии. Основные направления исследований лаборатории заключаются в разработке экологически безопасных методов профилактики опасных паразитарных заболеваний животных и рыб. Для этого применяются современные биотехнологические методики, позволяющие эффективно контролировать безопасность объектов животноводства и окружающую среду в условиях специфического климата Якутии.

Лаборатория арахноэнтомологии создана в 2013 году на базе лаборатории паразитологии. Основные направления исследований изучение особенностей экологии вредных насекомых в условиях Якутии, совершенствование и внедрение эффективных систем противопаразитарных мероприятий в различных отраслях животноводства Министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить значительные достижения Якутского НИИСХ имени М.Г. Сафронова в области ветеринарии. Институт прошёл долгий путь от небольшой ветеринарной лаборатории до современного центра, оснащённого передовыми технологиями и обладающего высококласными специалистами. Анализируя историю института, мы видим, как постепенно формировались научные школы, развивались уникальные направления исследований, внедрялись современные биотехнологические методы, позволившие разработать эффективные меры профилактики и лечения инфекционных и паразитарных заболеваний животных. Современная инфраструктура института позволяет проводить глубокие исследования и развивать инновационные подходы к охране здоровья животных, обеспечению экологической безопасности и устойчивому развитию агропромышленного комплекса Якутии. Исследовательская активность института играет ключевую роль в сохранении биоразнообразия и поддержании стабильности экосистем республики.

Однако в последние десятилетия потепление климата в Арктике, Субарктике, иные воздействия на природу, наличие на территории Якутии природных очагов ряда заболеваний все это ставит задачу дальнейшего развития ветеринарного направления вплоть до создания в структуре ФИЦ ЯНЦ СО РАН Арктического научного центра микробиотехнологии с вирусологическими и микробиологическими лабораториями с современными приборами и оборудованностями.

4. Наука в Якутии. ЯНИИСХ имени М.Г. Сафронова. Якутск: ИП Старостина. 2018: 39.
5. Огнев Н.И. История ветеринарии в Якутии: (1854-1967 гг.): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. Огнев Н. И.; Всесоюз. ин-т эксперим. ветеринарии Всесоюз. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. - Москва: [б. и.], 1969. 27,с.
6. Республиканской ветеринарно-лабораторной службе - 100 лет / М-во сел. хоз-ва РС(Я); Упр. ветеринарии, Якут. Респ. ветеринар. - испытат. Лаб.; [сост.: Т.Д. Каратаева, Л.Г. Легантьева ; ред. Дмитриев Сергей Гаврильевич]. Якутск; Бичик, 2008. 320 с.
7. Дягилев Г.Т., Неустроев М.П., Владимиров Л.Н., Гололобова А.Г. Сибирская язва животных в Республике Саха (Якутия): монография. Якутский научный центр СО РАН, ЯНИИСХ им. М. Г. Сафронова. Якутск: Сайдам. 2021:144 с.
8. Неустроев М.П., Матвеев И.А., Иванов Р.В., Охлопкова П.П. Ученые исследователи Якутского НИИСХ. Якутск. 2009: 100 с.
9. Каратаева Т.Д., Каратев М.С. 115-летию ветеринарии Республики Саха (Якутия). Ред. Т.А. Обулахова. Якутск: СМИК-Мастер. Полиграфия. 2011: 320 с.
10. ЦГА РС (Я) ф.312и. оп 1, д. 16, лл. 50-52 об.

REFERENCES

1. Autonomous Yakutia, 1924 - 1925: reports and reviews for the 4th All-Yakut Congress of Soviets. - Yakutsk: Publishing House of the State Planning Committee of the YASSR, 1926. - XXXII., 308 p., [7] l. table (in Russ)
2. Achievements and problems of veterinary medicine in the Far North of the Russian Federation: a collection of materials from the international scientific and practical conference dedicated to the 115th anniversary of the organization of the Yakut bacteriological laboratory and scientific research on veterinary medicine in Yakutia: Yakutsk, December 7-8, 2023 / compiled by M.P. Neustroev. Yakutsk: Dani-Almas, 2024: 936 p. (in Russ)
3. Neustroev M.P., Cherosov M.M., Vasilyeva S.A. History of the development of scientific research in veterinary medicine in 1871-1960. in Yakutia. Vet feed. 2024;3: 92-96. (in Russ)
4. Science in Yakutia. YaNIISH named after M.G. Safronova. Yakutsk: IP Starostina. 2018: 39. (in Russ)
5. Ognev N.I. History of veterinary medicine in Yakutia: (1854-1967): abstract of a dissertation for the degree of candidate of veterinary sciences. Ognev N. I.; All-Union Institute of Experiments. veterinary All-Union. Academician agricultural Sciences named after V.I. Lenin. - Moscow: [b. i.], 1969. 27 p. (in Russ)
6. Republican Veterinary Laboratory Service - 100 years old / M-vo villages. households of the Republic of Sakha (Yakutia); Ex. veterinary medicine, Yakut. Rep. vet. - will be tested. Lab.; [compiled by: T.D. Karataeva, L.G. Legantieva; ed. Dmitriev Sergey Gavrilovich]. Yakutsk; Bichik, 2008. 320 p. (in Russ)
7. Dyagilev G.T., Neustroev M.P., Vladimirov L.N., Gololobova A.G. Anthrax of animals in the Republic of Sakha (Yakutia): monograph. Yakut Scientific Center SB RAS, YaNIISH named after. M. G. Safronova. Yakutsk: Saidam. 2021:144 p. (in Russ)
8. Neustroev M.P., Matveev I.A., Ivanov R.V., Okhlopko P.P. Scientific researchers of the Yakut Research Institute of Agriculture. Yakutsk 2009: 100 p. (in Russ)
9. Karataeva T.D., Karatev M.S. 115th anniversary of veterinary medicine of the Republic of Sakha (Yakutia). Ed. T.A. Obulakhova. Yakutsk: SMIK-Master. Printing. 2011: 320 p. (in Russ)
10. TsGA RS (Y) f.312i. op 1, d. 16, pp. 50-52 rpm (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 03.04.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Евгений Семенович Слепцов^{1✉}, Лариса Николаевна Захарова², Иван Владимирович Алферов³,
Акулина Васильевна Попова⁴, Нарыйа Дмитриевна Иванова⁵

^{1,3} Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук - Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, Российская Федерация

^{2,4,5} Арктический государственный агротехнологический университет, Российская Федерация

¹ д-р ветеринар. наук, главный научный сотрудник лаборатории оленеводства и традиционных отраслей, evgeniysemenovic@mail.ru, orcid.org/0000-0002-7478-9011

² канд.с.-х.наук, доцент кафедры зоотехнии им. академика А. В. Чугунова, факультет агробизнеса, orcid.org/0000-0002-6362-0050

³ канд.с.-х.наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и разведения лошадей, orcid.org/0000-0002-9795-5238

⁴ канд.с.-х.наук, доцент кафедры зоотехнии им. академика А. В. Чугунова, факультет агробизнеса, orcid.org/0000-0003-2692-7026

⁵ ассистент кафедры зоотехнии им. академика А. В. Чугунова, факультет агробизнеса

РЕФЕРАТ

Цель исследования заключалась в выявлении тенденций изменения численности крупного рогатого скота, лошадей и северных оленей в Республике Саха (Якутия), а также в определении особенностей развития отдельных отраслей животноводства на различных исторических этапах. Установлено, что динамика поголовья основных видов животных не имела единой направленности и во многом определялась социально-экономическими преобразованиями, военными событиями и изменениями системы организации сельского хозяйства. В 1917–1922 гг. наиболее значительное сокращение произошло в оленеводстве, где численность поголовья уменьшилась на 76,8 %, тогда как поголовье рабочих и гулевых лошадей снизилось на 20,8 %, а крупного рогатого скота — на 5,0 %. В период коллективизации численность крупного рогатого скота сократилась на 36,4–43,4 % в зависимости от принятой оценки поголовья за 1928 г., в то время как количество лошадей к 1940 г. увеличилось на 8,1 %. В годы Великой Отечественной войны наиболее продолжительное сокращение наблюдалось в коневодстве: к 1944 г. поголовье лошадей уменьшилось на 35,6 % по сравнению с довоенным уровнем. Одновременно численность северных оленей возросла на 25,8 %, что свидетельствует о различной устойчивости отраслей к кризисным условиям. В 1980-е гг. были достигнуты высокие показатели поголовья лошадей и северных оленей, однако численность крупного рогатого скота оставалась ниже уровня конца 1920-х гг., поэтому данный период нельзя рассматривать как единый исторический максимум животноводства республики. В 2021–2025 гг. поголовье крупного рогатого скота сократилось на 19,0 %, а лошадей — на 9,8 %, тогда как численность северных оленей увеличилась на 2,1 %, сохраняя выраженные межгодовые колебания.

Ключевые слова: животноводство, крупный рогатый скот, табунное коневодство, северное оленеводство, историческая динамика, аграрное развитие.

Для цитирования: Слепцов Е.С., Захарова Л.Н., Алферов И.В., Попова А.В., Иванова М.Д. Историческое развитие и современные тенденции животноводства республики Саха (Якутия). Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;3:234-238. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.234>

HISTORICAL DEVELOPMENT AND CURRENT TRENDS IN ANIMAL HUSBANDRY IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Evgeniy S. Sleptsov^{1✉}, Larisa N. Zakharova², Ivan V. Alferov³, Akulina V. Popova⁴, Naryya D. Ivanova⁵

^{1,3} Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronova, Russian Federation

^{2,4,5} Arctic State Agrotechnological University, Russian Federation

¹ Dr. veterinarian. Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Reindeer Husbandry and Traditional Industries, evgeniysemenovic@mail.ru, orcid.org/0000-0002-7478-9011

² Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science named after. Academician A.V. Chugunov, Faculty of Agribusiness, orcid.org/0000-0002-6362-0050

³ Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Selection and Breeding of Horses, orcid.org/0000-0002-9795-5238

⁴ Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science named after. Academician A.V. Chugunov, Faculty of Agribusiness, orcid.org/0000-0003-2692-7026

⁵ assistant of the Department of Animal Science named after. Academician A. V. Chugunov, Faculty of Agribusiness

ABSTRACT

The study aimed to identify long-term trends in cattle, horse, and domestic reindeer populations in the Republic of Sakha (Yakutia) and to determine the specific development patterns of individual livestock sectors during different historical periods. The results demonstrate that the major livestock populations did not follow a common trajectory, as their dynamics were influenced by socioeconomic transformations, military events, and changes in the organization of agricultural production. Between 1917 and 1922, the most substantial decline occurred in domestic reindeer husbandry, with the reindeer population decreasing by 76.8%, whereas the number of working and free-ranging horses declined by 20.8% and the cattle population by 5.0%. During collectivization, cattle numbers decreased by 36.4–43.4%, depending on the baseline estimate used for 1928, while the horse population increased by 8.1% by 1940. During the Great Patriotic War, the most prolonged decline was recorded in horse breeding, with horse numbers falling by 35.6% by 1944 compared with the pre-war level. In contrast, the domestic reindeer population increased by 25.8%, indicating substantial differences in the resilience of livestock sectors under crisis conditions. High horse and reindeer populations were recorded during the 1980s; however, cattle numbers remained below those observed in the late 1920s. Therefore, the late Soviet period cannot be regarded as a universal historical peak for all livestock sectors in the region. Between 2021 and 2025, cattle and horse populations decreased by 19.0% and 9.8%, respectively, whereas the domestic reindeer population increased by 2.1% overall while showing marked year-to-year fluctuations.

Key words: animal husbandry, cattle, herd horse breeding, northern reindeer husbandry, historical dynamics, agrarian development.

For citation: Sleptsov E.S., Zakharova L.N., Alferov I.V., Popova A.V., Ivanova M.D. Historical development and current trends in animal husbandry in the Republic of Sakha (Yakutia). Legal regulation in veterinary medicine. 2026;3:234–238. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.3.234>

ВВЕДЕНИЕ

Животноводство исторически формировало основу сельского хозяйства Якутии и обеспечивало население продовольствием, сырьём и тягловой силой в условиях продолжительной зимы, ограниченной кормовой базы и значительной территориальной рассредоточенности поселений. Скотоводство, табунное коневодство и северное оленеводство развивались в различных природно-хозяйственных зонах и неодинаково реагировали на военные потрясения, институциональные реформы и изменения экономической среды.

В научной литературе подробно рассмотрены отдельные этапы аграрной истории региона: последствия Гражданской войны [1, 2], коллективизация [3], мобилизационная перестройка сельского хозяйства в 1941–1943 гг. [4], развитие традиционных отраслей в позднесоветский и постсоветский периоды [5, 6]. Вместе с тем сопоставление показателей, относящихся к различным статистическим системам и категориям хозяйств, нередко приводит к чрезмерно обобщённым выводам. В частности, утверждение о достижении единого исторического максимума животноводства в 1980-е гг. требует уточнения по отдельным видам животных.

Цель исследования — провести сравнительный анализ изменения численности крупного рогатого скота, лошадей и северных оленей в Якутии на отдельных исторических этапах и выявить различия в реакции основных отраслей животноводства на социально-экономические и институциональные преобразования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Базу использованных источников составили статистические материалы о скотоводстве и земледелии Якутии за 1917, 1921 и 1922 гг. [1], историко-статистические и научные публикации [2–10], а также официальный статистический сборник РС(Я), содержащий окончательные данные

за 2021–2025 гг. [11]. Использованы сравнительно-исторический, ретроспективный и статистический методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гражданская война и восстановление хозяйства (1918–1927 гг.)

Гражданская война сопровождалась мобилизацией трудоспособного населения, реквизициями, нарушением сезонных работ и сокращением кормозаготовки. В районах военных действий разорялись единоличные и коллективные хозяйства, часть животных использовалась для транспортных и продовольственных нужд. До 1922 г. проведение сплошной сельскохозяйственной переписи было затруднено, поэтому статистические органы применяли выборочные обследования и экстраполяцию [1, 2].

Данные таблицы 1 не подтверждают общего роста поголовья к 1921 г. Численность лошадей увеличилась на 9,9 %, а коров — на 17,0 %, однако общее поголовье крупного рогатого скота снизилось на 2,1 %, овец и свиней — на 16,1 %, северных оленей — на 48,3 %. К 1922 г. относительно 1917 г. численность лошадей была ниже на 13,1 %, рабочих и гулевых лошадей — на 20,7 %, крупного рогатого скота — на 5,0 %, северных оленей — на 76,8 %. Таким образом, наиболее глубокое сокращение по учётным данным произошло в оленеводстве и в группе рабочих лошадей.

Восстановление протекало неравномерно: по историческим данным, численность лошадей приблизилась к уровню 1917 г. к 1925 г., а крупного рогатого скота — к 1927 г. [7]. Отсутствие данных за 1918–1920 гг. не позволяет восстановить ежегодную траекторию кризиса, поэтому выводы относятся к сопоставлению контрольных лет.

Коллективизация и преобразование аграрного строя (1928–1940 гг.)

Коллективизация в Якутии сопровождалась перераспределением земель, объединением индивидуальных хозяйств, раскулачиванием и пе-

Таблица 1. Поголовье сельскохозяйственных животных в Якутии в 1917–1922 гг.
Table 1. Livestock population in Yakutia, 1917–1922.

Вид животных	1917 г., голов	1921 г., голов	1922 г., голов	1921 г. к 1917 г., %	1922 г. к 1917 г., %
Лошади	125 362	137 732	108 985	109.9	86.9
в том числе рабочие и гулевые	90 130	103 587	71 428	114.9	79.2
Крупный рогатый скот	474 789	464 884	451 096	97.9	95.0
в том числе коровы	190 363	222 765	185 801	117.0	97.6
Овцы и свиньи	1 393	1 169	1 248	83.9	89.6
Северные олени	5 309	2 746	1 231	51.7	23.2

Таблица 2. Поголовье скота во всех категориях хозяйств Якутской АССР в 1940–1944 гг., голов.
Table 2. Livestock population across all categories of farms in the Yakut ASSR, 1940–1944 (number of head).

Вид животных	1940	1941	1942	1943	1944
Крупный рогатый скот	314 441	249 819	223 778	238 893	269 640
Лошади	193 743	170 433	145 672	127 993	124 699
Северные олени	201 499	204 038	199 135	227 155	253 581
Свиньи	40 400	15 202	11 021	6 395	17 900
Овцы	1 372	2 283	3 407	3 903	4 243

реходом части кочевого населения к оседлости [3]. Организационные преобразования проходили в условиях слабой материально-технической базы, нехватки специалистов, бездорожья и значительной удалённости северных территорий [9]. Одновременно создавались племенные хозяйства и перерабатывающие предприятия, предпринимались попытки улучшения продуктивных качеств местного скота [10].

Опубликованные оценки поголовья крупного рогатого скота за 1928 г. расходятся. В одном источнике приведено 494,3 тыс. голов, включая 205,5 тыс. коров [8], в другом — 555,2 тыс. голов к середине года [7]. Расхождение может быть связано с датой учёта, охватом категорий хозяйств и последующим уточнением сведений. Поэтому корректно использовать диапазон 494,3–555,2 тыс. голов, а не выбирать одно значение без пояснения.

К 1940 г. поголовье крупного рогатого скота составляло 314,4 тыс. голов. По отношению к нижней оценке 1928 г. сокращение достигло 36,4 %, к верхней — 43,4 %. Численность лошадей за 1928–1940 гг. увеличилась с 179,3 до 193,7 тыс. голов, то есть на 14,5 тыс. голов, или на 8,1 %. Поголовье северных оленей, по данным [7], возросло со 142,1 тыс. голов в 1933 г. до 196,7 тыс. голов к началу 1941 г.

Сокращение крупного рогатого скота объяснялось совокупностью факторов: массовым убоем животных в условиях угрозы раскулачивания и налогового давления, недостатком кормов, засушливыми годами и трудностями реорганизации хозяйств [7]. Таким образом, период коллективизации не может характеризоваться как период общей стабилизации животноводства в республике.

Животноводство в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.)

Во время Великой Отечественной войны сельское хозяйство Якутии функционировало в условиях мобилизации работников, дефицита кормов и техники, роста обязательных поставок продукции. Животноводство обеспечивало население и фронт мясом, молочными продуктами и транспортными ресурсами [4]. Динамика поголовья по видам животных была неодинаковой.

Поголовье крупного рогатого скота сократилось с 314,4 тыс. голов в 1940 г. до минимума 223,8 тыс. в 1942 г. — на 90,7 тыс. голов, или на 28,8 %. В 1943–1944 гг. началось восстановление, однако показатель 1944 г. оставался на 14,2 % ниже довоенного уровня. В коневодстве снижение продолжалось дольше: к 1944 г. численность лошадей уменьшилась на 69,0 тыс. голов, или на 35,6 % по сравнению с 1940 г., что в большей степени связано с поставкой лошадей на фронт.

Динамика северных оленей была иной, после небольшого снижения в 1942 г. их численность выросла до 253,6 тыс. голов в 1944 г., превысив показатель 1940 г. на 25,8 %. Наиболее глубокое относительное сокращение отмечалось в свиноводстве: к 1943 г. поголовье уменьшилось на 84,2 %, после чего частично восстановилось.

Первый послевоенный пятилетний план, принятый Верховным Советом СССР 18 марта 1946 г., предусматривал организационно-хозяйственное укрепление колхозов и расширение материально-технической базы. В 1950–1980-е гг. происходили специализация хозяйств, развитие совхозной системы и постепенная механизация производства. К середине 1980-х гг. в республике действовало более 120 совхозов; в XI пятилетке 71 хозяйство специализировалось на коневодстве и скотоводстве, 28 — на оленеводстве [6].

В 1981–1986 гг. поголовье крупного рогатого скота увеличилось лишь на 0,7 %, лошадей — на 21,7 %, а северных оленей сократилось на 2,8 %. Значение 380,0 тыс. северных оленей в 1981 г. являлось одним из наиболее высоких в рассматриваемом ряду. Поголовье лошадей в 1986 г. также достигло высокого уровня — 196,0 тыс. голов. Вместе с тем крупный рогатый скот в 1986 г. насчитывал 396,7 тыс. голов, что было ниже оценок 1928 г. Поэтому 1980-е гг. мы можем характеризовать как период высокого организационного и производственного развития отрасли.

Постсоветский период и современный этап

После 1991 г. изменение форм собственности, сокращение государственной поддержки сельского хозяйства, ухудшение материально-технического снабжения и нарушение системы

Таблица 3. Динамика поголовья основных видов животных в 1981–1986 гг., тыс. голов.
Table 3. Trends in the livestock population of major animal species, 1981–1986 (thousand head).

Вид животных	1981 г.	1986 г.	Абсолютное изменение	Изменение, %
Крупный рогатый скот	393,8	396,7	+2,9	+0,7
Лошади	161,1	196,0	+34,9	+21,7
Северные олени	380,0	369,5	-10,5	-2,8

Таблица 4. Поголовье основных видов сельскохозяйственных животных в Республике Саха (Якутия) в 2021–2025 гг., тыс. голов.

Table 4. Livestock numbers for major agricultural animal species in the Republic of Sakha (Yakutia), 2021–2025 (thousand head).

Вид животных	2021	2022	2023	2024	2025
Крупный рогатый скот	178,2	170,4	159,0	152,1	144,4
Лошади	182,6	181,1	178,9	170,8	164,7
Северные олени	163,4	168,5	171,6	162,6	166,8

закупки и сбыта животноводческой продукции привели к уменьшению поголовья крупного рогатого скота в Республике Саха (Якутия). За 1991–1999 гг. численность крупного рогатого скота снизилась на 134,7 тыс. голов, или на 32,1 % [5]. При этом темпы и глубина изменений различались между отдельными категориями хозяйств и улусам республики.

Окончательные данные за 2021–2025 гг. позволяют уточнить современную траекторию основных отраслей животноводства (табл. 4). Все показатели относятся к хозяйствам всех категорий и приведены на конец соответствующего года [11].

В 2021–2025 гг. поголовье крупного рогатого скота сократилось со 178,2 до 144,4 тыс. голов — на 33,8 тыс. голов, или на 19,0 %. Численность лошадей уменьшилась на 17,9 тыс. голов, или на 9,8 %, причём ускорение сокращения отмечалось в 2024–2025 гг.

Поголовье северных оленей изменялось нестабильно, после роста со 163,4 тыс. голов в 2021 г. до 171,6 тыс. в 2023 г. оно снизилось до 162,6 тыс. в 2024 г. и частично восстановилось до 166,8 тыс. голов в 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ показал, что динамика

основных отраслей животноводства Республики Саха (Якутия) на разных исторических этапах существенно различалась. Военные события, преобразования системы хозяйствования и социально-экономические реформы неодинаково влияли на численность крупного рогатого скота, лошадей и северных оленей.

В годы Гражданской войны наиболее глубокое сокращение по учтённым данным произошло в оленеводстве и коневодстве. В период коллективизации поголовье крупного рогатого скота сократилось на 36–43 % относительно различных оценок 1928 г., тогда как численность лошадей к 1940 г. увеличилась на 8,1 %. В годы Великой Отечественной войны снижение поголовья лошадей продолжалось до 1944 г., а численность северных оленей превысила довоенный уровень.

Позднесоветский период характеризовался высокими показателями коневодства и оленеводства, поголовье крупного рогатого скота оставалось ниже значений конца 1920-х гг.

В 2021–2025 гг. численность крупного рогатого скота сократилась на 19,0 %, лошадей — на 9,8 %. Поголовье северных оленей в целом увеличилось на 2,1 %, но были межгодовые колебания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Скотоводство и земледелие Якутии в 1917, 1921, 1922 гг. : краткий статистический очерк с диаграммой. ЯАССР, Стат. упр. - Якутск : Типография НКП. 1923:14 с.
2. Халдеев В.Д. Крестьянское хозяйство Якутии в войне и революции. ЯАССР Стат. упр. Москва. Типография М.К.Х. [Бородинский мост, Варгунихина гора, 8], 1924: 19 с.
3. Санникова ЯМ. Коллективизация сельского хозяйства в Якутии (1929-1940 гг.) : специальность 07.00.02 "Отечественная история" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук / Я. М. Санникова. Якутск. 1999: 23 с.
4. Бурнашева Н.И. Сельское хозяйство Якутии в условиях перехода к мобилизационной военной экономике (1941-1943 гг.). Северо-Восточный гуманитарный вестник. 2019;4(29):63-69. DOI 10.25693/SVG.2019.04.29.07
5. Санникова Я.М. Развитие отраслей традиционного животноводства в арктических улусах Якутии в первый постсоветский период: Динамика численности поголовья как основной количественный показатель благополучия хозяйств. International Agricultural Journal. 2023;66(5) DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_9
6. Санникова Я.М. Традиционное животноводство Якутии в последнее десятилетие социализма: Управление хозяйствами северных районов и динамика основных показателей их развития. Московский экономический журнал. 2023;8(9). DOI 10.55186/2413046X_2023_8_9_462
7. 100 лет Министерству сельского хозяйства Республики Саха (Якутия): Люди. События. Достижения / сост. Т. А. Обулахова. Якутск: Айар, 2024:352 с.
8. Аргунов И.А. Социальное развитие якутского народа (Историко-социологическое исследование образа жизни). И. А. Аргунов ; Академия наук СССР; Сибирское отделение; Якутский филиал; Институт языка, литературы и истории. Новосибирск. Наука. 1985: 320 с.
- 9.9. Кабанов В.Д. Развитие животноводства в России за сто лет (1917-2017 гг.). Главный зоотехник.

2018;6: 3-23.

10. Чугунов А.В. Научные и прикладные основы развития скотоводства Республики Саха (Якутия). Якутск . Сайдам. 2021: 304 с. ISBN 978-5-91441-328-3.

11. Республика Саха (Якутия) в цифрах: Краткий стат. сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). Я. 2026:148 с.

REFERENCES

1. Cattle breeding and agriculture of Yakutia in 1917, 1921, 1922: a brief statistical outline with a diagram. YASSR, Stat. ex. - Yakutsk: NKP Printing House. 1923:14 p. (in Russ)

2. Khaldeev V.D. Peasant farming in Yakutia in war and revolution. YASSR Stat. ex. Moscow. Printing house M.K.H. [Borodinsky Bridge, Vargunikhina Gora, 8], 1924: 19 p. (in Russ)

3. Sannikova YAM. Collectivization of agriculture in Yakutia (1929-1940): specialty 07.00.02 "Domestic History": abstract of the dissertation for the degree of candidate of historical sciences. Ya. M. Sannikova. Yakutsk 1999: 23 p. (in Russ)

4. Burnasheva N.I. Agriculture of Yakutia in the conditions of transition to a mobilization war economy (1941-1943). North-Eastern Humanitarian Bulletin. 2019;4(29):63-69. (in Russ) DOI 10.25693/SVG.V.2019.04.29.07

5. Sannikova Y.M. Development of traditional livestock farming industries in the Arctic uluses of Yakutia in the first post-Soviet period: Dynamics of livestock numbers as the main quantitative indicator of farm well-being. International Agricultural Journal. 2023;66(5) (in Russ) DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_9

6. Sannikova Y.M. Traditional livestock farming in Yakutia in the last decade of socialism: Management of farms in the northern regions and the dynamics of the main indicators of their development. Moscow Economic Journal. 2023;8(9). (in Russ) DOI 10.55186/2413046X_2023_8_9_462

7. 100 years of the Ministry of Agriculture of the Republic of Sakha (Yakutia): People. Events. Achievements / status T. A. Obulakhova. Yakutsk: Ayar, 2024: 352 p. (in Russ)

8. Argunov I.A. Social development of the Yakut people (Historical and sociological study of lifestyle). I. A. Argunov; USSR Academy of Sciences; Siberian branch; Yakut branch; Institute of Language, Literature and History. Novosibirsk Science. 1985: 320 p. (in Russ)

9. Kabanov V.D. Development of livestock farming in Russia over a hundred years (1917-2017). Chief livestock specialist. 2018;6: 3-23. (in Russ)

10. Chugunov A.V. Scientific and applied foundations for the development of cattle breeding in the Republic of Sakha (Yakutia). Yakutsk. Saidam. 2021: 304 p. ISBN 978-5-91441-328-3. (in Russ)

11. Republic of Sakha (Yakutia) in numbers: Brief statistics. collection. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia). Ya. 2026: 148 p. (in Russ)

Поступила в редакцию / Received: 02.08.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 14.09.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2026

**НОРМАТИВНО - ПРАВОВОЕ
РЕГУЛИРОВАНИЕ
В ВЕТЕРИНАРИИ №3-2026**

/Legal regulation in veterinary medicine

Редакция журнала
196084, Санкт-Петербург,
Черниговская 5, СПбГУВМ,
т/ф (812) 365-69-35.
www.spbguvvm.ru

**НОРМАТИВНО - ПРАВОВОЕ
РЕГУЛИРОВАНИЕ
В ВЕТЕРИНАРИИ №3-2026**

/Legal regulation in veterinary medicine

Редакция журнала
196084, Санкт-Петербург,
Черниговская 5, СПбГУВМ,
т/ф (812) 365-69-35.
[www. spbguvvm.ru](http://www.spbguvvm.ru)