ISSN 2072-2419

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕСТНИК ВЕТЕРИНАРИИ

№ 2

International bulletin of veterinary medicine

Санкт–Петербург, 2026

www.spbguvm.ru

PURINA®
PRO PLAN®
VETERINARY DIETS*

VETERINARY
CLINICAL
NUTRITION**

ФОРМУЛА St/Ox

СПОСОБСТВУЕТ ПОДДЕРЖАНИЮ ЗДОРОВЬЯ
МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ

*Пурина Про План Ветеринарные Диеты
**Ветеринарное клиническое питание
®Владелец товарных знаков: Société des Produits Nestlé S.A. (Швейцария)

Учредитель и издатель: **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»**
Адрес издателя, учредителя, редакции:
196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5

2/2026

Редакционный совет:

К. В. Племяшов — главный редактор, член-корреспондент РАН, д-р ветеринар.наук, проф., СПб.

Л. Ю. Карпенко — заместитель главного редактора., д-р биол. наук, проф., СПб.

Редакционная коллегия:

Н. Л. Андреева — д-р биол. наук, проф., СПб.

Л. М. Белова — д-р биол. наук, проф., СПб.

М. И. Гулюкин — акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.

Н. В. Зеленевский — д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

С. П. Ковалев — д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

А. А. Кудряшов — д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

В. А. Кузьмин — д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

М. Н. Макарова — д-р мед. наук, проф., СПб.

Б. С. Семенов — д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

А. М. Смирнов — акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Москва.

В. В. Сочнев — член.-корр. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., Н. Новгород.

А. А. Стекольников — акад. РАН, д-р ветеринар. наук, проф., СПб.

А. А. Сухинин — д-р биол. наук, проф., СПб.

А. Н. Шиков — д-р фарм. наук, проф., СПб.

Mustafa Atasever — Prof., Dr. Erzurum, Turkiye.

Ю. К. Ковалёнок — д-р ветеринар. наук, проф., Республика Беларусь.

Kushvar Galib Mammadova — Dr., Azerbaijan.

Н. Б. Сарсембаева — д-р ветеринар. наук, проф., Алматы, Республика Казахстан.

Ilia Tsachev — DVM, MSc, PhD, DSc Prof., Stara Zagora, Bulgaria.

О. Ю. Беспятых — д-р биол. наук, доц., Киров.

В. А. Илюха — д-р биол. наук, доц., Петрозаводск.

И. А. Плотников — д-р биол. наук, проф., Киров.

С. В. Бекетов — д-р биол. наук, Самара.

В. Н. Воронин — д-р биол. наук, проф., СПб.

А. Н. Квочко — д-р биол. наук, проф., Ставрополь.

А. О. Фролов — д-р биол. наук, гл. науч. сотр., СПб.

О. И. Станишевская — д-р биол. наук, проф., СПб.

Editorial council:

K. V. Plemyashov — editor in chief, member.-corr. RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., St. Petersburg.

L. Y. Karpenko — deputy editor, Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., St. Petersburg.

Editorial council:

N. L. Andreeva — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., SPb.

L. M. Belova — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., SPb.

M. I. Gulyukin — academic of RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.), Moscow.

N. V. Zelenevskiy — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof, SPb.

S. P. Kovalev — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., SPb.

A. A. Kudryashov — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., SPb.

V. A. Kuzmin — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., SPb.

M. N. Makarova — Dr. Habil. (Med. Sci.), prof., SPb.

B. S. Semenov — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., SPb.

A. M. Smirnov — acad. of RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., Moscow.

V. V. Sochnev — corr. member of RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., N. Novgorod.

A. A. Stekolnikov — academic of RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.), professor, St. Petersburg.

A. A. Sukhinin — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof, SPb.

A. N. Shikov — Dr. Habil. (Pharm. Sci.), prof., SPb.

Mustafa Atasever — prof., Dr. Erzurum, Turkey.

Y. K. Kovalenok — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., Republic of Belarus.

Kushva Galiba Mammadova — doctor, Azerbaijan.

N. B. Sarsembayeva — Dr. Habil. (Vet. Sci.), prof., Almaty, Republic of Kazakhstan.

Ilia Tsachev — DVM, MSc, PhD, DSc, Prof., Stara Zagora, Bulgaria.

O. Yu. Bespyatykh — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Kirov.

V. A. Ilyuha — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Petrozavodsk.

I. A. Plotnikov — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., Kirov.

S. V. Beketov — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Samara.

V. N. Voronin — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., SPb.

A. N. Kvochko — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., Stavropol.

A. O. Frolov — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., SPb.

O. I. Stanishevskaya — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., SPb.

А. Е. Болгов — д-р с.-х. наук, проф., Петрозаводск.

И. Ш. Шапиев — д-р с.-х. наук, проф., СПб.

Н. В. Пристач — д-р с.-х. наук, проф., СПб.

В. Б. Галецкий — д-р с.-х. наук, СПб.

Л. В. Романенко — д-р с.-х. наук, СПб.

В. И. Максимов — д-р биол. наук, проф., Москва

Редакционно-технический отдел:

О. С. Попова — д-р. ветеринар. наук, СПб.

Г. В. Ширяев — канд. с.-х. наук, СПб.

В. В. Крюкова — канд. ветеринар. наук, СПб (англ. яз).

A. E. Bolgov — Dr. Habil. (Agr. Sci.), prof., Petrozavodsk.

I. S. Shapiev — Dr. Habil. (Agr. Sci.), prof. SPb.

N. V. Pristach — Dr. Habil. (Agr. Sci.), prof., SPb.

V. B. Galetsky — Dr. Habil. (Agr. Sci.), SPb.

L.V. Romanenko — Dr. Habil. (Agr. Sci.), SPb.

V. I. Maximov — Dr. Habil. (Biol. Sci.), prof., Moscow.

Editorial and technical Department:

O. S. Popova — Dr. Habil. (Vet. Sci.), SPb.

G. V. Shiryaev — PhD (Agr. Sci.), St. Petersburg.

V. V. Kriukova — PhD (Vet. Sci.), SPb. (English).

Номер госрегистрации СМИ ПИ № ФС77-83832 от 02 сентября 2022 г. Подписной индекс в агентстве Роспечать 82393. Учредитель — Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» (ФГБОУ ВО СПбГУВМ).

Журнал основан в январе 2004 года в Санкт-Петербурге и входит в список ведущих рецензируемых научных-журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Международный вестник ветеринарии входит в базу данных Russian Science Citation Index.

Журнал распространяется по всем регионам России и Республике Беларусь (ВУЗЫ, НИИ, Ветеринарные отделы).

Журнал выходит не менее 4 раз в год. В нем публикуются работы по всем основным вопросам ветеринарии и смежным дисциплинам.

В этот журнал Вы можете поместить рекламу Вашей фирмы. Объявления и коммерческая реклама публикуются после оплаты. Срок исполнения — в течение 3 месяцев. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных объявлений.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Мнение авторов и редакции по отдельным вопросам может не совпадать.

Плата с аспирантов за публикацию рукописи не взимается.

Справки и технические возможности типографии, в которой печатается журнал, оговариваются по телефону (812) 387-11-58.

Адрес редакции: 196084, СПб, ул. Черниговская дом 5, СПбГУВМ, редакция журнала «Международный вестник ветеринарии», тел 8-812-387-11-58.

Подписано к печати — 01.04.2026
Дата выхода в свет — 10.08.2026
Формат 70×100 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 30,25+0,25 цв. вкл.
Усл. Кр.-отт. 18,2.
Тираж 1001 экз. Свободная цена.

Отпечатано в: ООО «УК Борвик»; 191119, Санкт-Петербург, ул. Социалистическая, д. 5, пом. 16.

The state registration number of the media PI No. FS77-83832 dated September 02, 2022. The subscription index in the Rospechat agency is 82393. Founder — Federal state educational institution of higher professional education «Saint-Petersburg state University of veterinary medicine» (FSEI of HPE SpbGUVM).

The journal was founded in January 2004 in St. Petersburg and is included in the list of leading peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of Sciences should be published.

International Bulletin of Veterinary Medicine is included in the RSCI database.

The journal is distributed in all regions of Russia and the Republic of Belarus (universities, research institutions , veterinary departments).

The magazine is published at least 4 times a year. It publishes papers on all major issues of veterinary medicine and related disciplines.

In this magazine, you can place an advertisement for your company. Ads and commer-cial information are published after payment. The execution period is within 3 months The editorial board is not responsible for the content of advertisement.

When reprinting, a link to the journal is required. The opinion of the authors and the editorial board on certain issues may not coincide.

Postgraduates are not charged for the publication of the manuscript.

Information and technical capabilities of the printing house where the magazine is printed are discussed by phone number (812) 387-11-58.

Editorial office address: 196084, St. Petersburg, Chernigovskaya str. 5, “SPbGUVM”, editorial office of the journal «International Bulletin of Veterinary Medicine».

Signed for printing — 01.04.2026
Release date — 10.08.2026
The format of 100 × 70 1/16 . Offset printing.
Conv. Pec. liter. 30,25+0,25 fl. incl.
Conv. Cr. — ott . 18.2 .
Circulation 1001 copies. Free price.

Printed by: Borvik Management Company LLC; 191119, SPb, Socialisticheskaya St., Building 5, Office 16.

СОДЕРЖАНИЕ:

Инфекционные болезни

Эндогенные контроли амплификации при индикации инфекционных заболеваний крупного и мелкого рогатого скота. **Хаммадов Н. И., Хамидуллина А. И., Горбунова М. Е., Сальманова Г. Р., Тарасова Е. Ю., Галеева А. Г., Ефимова М. А.** 11

Особо опасные патогены бактериального происхождения в пресноводном индустриальном рыбоводстве Северо-Запада России. **Племяшов К. В., Крутикова А. А., Костромин Е. А., Кузнецова Т. Ш.** 18

Ретроспективный анализ распространения вирусной лейкемии и иммунодефицита у кошек. **Говорова М. В., Шахова В. Н., Беляев В. А., Данников С. П., Ожередова Н. А., Квочко А. Н.** 26

Поиск иммуногенных эпитопов в структуре мажорных антигенов вируса болезни ньюкасла. **Байрашев Т. А., Галеева А. Г.** 30

Профили антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных из помёта здоровой сельскохозяйственной птицы. **Лыско С. Б., Плешакова В. И.** 40

Контроль безвредности интраназальной вакцины против респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота. **Стрельцова Я. Б., Кашеваров Г. С., Тарасова Е. Ю., Юсупова К. В., Хузин Д. А., Юсупов С. А., Потехина Р. М.** 46

Эпизоотическая ситуация по основным паразитозам сельскохозяйственных животных и птиц в Иркутской области. **Мельцов И. В., Батомункуев А. С., Сухинин А. А.** 53

Определение концентрации провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов у лактирующих коров при инфекционном мастите стафилококковой этиологии. **Комаров М. В., Макавчик С. А.** 61

Диагностический мониторинг массовой гибели рыб в хозяйствах аквакультуры Северо-Западного региона и стратегия молекулярно-генетической детекции. **Костромин Е. А., Племяшов К. В., Крутикова А. А.** 68

Пилотная оценка согласованности различных методов лабораторной диагностики при выявлении Babesia spp. у лошадей. **Дёмкина О. В., Котельников Д. Д.** 73

Модуляция показателей клеточного иммунитета, экспрессии генов IFNAR1 и IKBKB при терапии телят с бронхопневмонией. **Шутиков В. А., Гунькин Д. В., Рудь Д. Е., Михайлов Е. В., Ческидова Л. В.** 80

Вирусные заболевания рыб как фактор эпизоотического риска в пресноводной аквакультуре Северо-Западного региона Российской Федерации: особенности патогенеза и угрозы для сиговых и гольцовых видов. **Крутикова А. А., Племяшов К. В., Костромин Е. А.** 85

Современный подход к антибиотикотерапии коров с генитальным микоплазмозом (обзор). **Васильев Р. М.** 92

Анализ заболеваемости маститом коров голштинской породы и эффективность применяемых схем лечения. **Симонов Ю. И., Черненок В. В., Симонова Л. Н., Черненок Ю. Н., Семенов Б. С.** 98

Сезонная динамика стронгилоидоза крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Амурской области. **Бондаренко Г. А., Соловьева И. А., Остякова М. Е., Трухина Т. И.** 105

К вопросу о повышении восприимчивости цыплят-корнишонов к колибактериозу. **Виноходов О. В.** 110

Диагностика и профилактика бруцеллёза северных оленей Якутии. **Слепцов Е. С., Алферов И. В., Корякина Л. П., Саввинова М. С., Нифонтов К. Р.** 114

Фармакология, токсикология, фармация

Селективная дегельминтизация лошадей как способ предотвращения резистентности паразитов к антигельминтикам. **Гаврилова Н. А.** 120

Влияние антиоксидантов на микробиоту и гистоструктуру кишечника белых крыс при воздействии пестицида глифосата. **Егоров В. И., Галяутдинова Г., Матросова Л. Е., Маланьев А. В., Семенов Э. И., Алеев Д. В., Губеева Е. Г.** 125

Показатели псевдоэозинофильного фагоцитоза у цыплят при использовании различных антимикробных препаратов. **Присный А. А., Потапова М. С., Скворцов В. Н., Кравцова А. Р.** 131

Биореакторная оптимизация коэкспрессии гетерологичных белков в рекомбинантном штамме Lactobacillus spp. **Самойленко В. С., Лапина А. А.** 137

Эффективность лечебной сыворотки при воздействии микотоксинов Fusarium. **Мишина Н. Н., Матросова Л. Е., Танасева С. А., Ермолаева О. К., Сагдеева З. Х., Ерохондина М. А.** 142

Нейротоксикологическая и морфологическая оценка действия гидроксида алюминия на мозг крыс при хронической экспозиции. **Гизатуллина А. А., Якупова Т. Г., Каримов Д. Д., Мухаммадиева Г. Ф., Хмель А. О., Усманова Э. Н., Смолянкин Д. А., Каримов Д. О.** 148

Обоснование применения тестикулярной гиалуронидазы при терапии мастита у коров. **Николаев С. В., Залевский А. А.** 155

Корреляция уровня CYPOR с фармакокинетикой кофеина и сорбитола при гепатобилиарных патологиях у крыс. **Понамарёв В. С., Попова О. С.** 161

Зоогигиена, санитария, кормление

Сравнительная характеристика современных методов идентификации и контроля активности крупного рогатого скота с использованием системы транспондеров. **Трушкин В. А., Кучеренко К. Б.** 167

Связь таксонов микробиоты слепых отростков кур-несушек с экспрессией генов иммунного ответа. **Кочиш И. И., Капитонова Е. А., Мясникова О. В.** 173

Изучение эмбриотоксического и тератогенного действия кормовой добавки «Комплисорбин». **Мишина Н. Н., Алеев Д. В., Вафин Ф. Р., Семёнов Э. И.** 177

Влияние культуральной жидкости Medusomyces gisevii на лактирующих коров. **Бойко Т. В., Камалтинова К. Н., Лукша Е. А.** 183

Современное состояние молочного скотоводства в России. **Зайцев С. Ю.** 191

Биохимия, морфология, физиология

Анатомо-топографические особенности ветвления краниальной брыжеечной артерии соболя черной пушкинской породы. **Борисов С. В., Щипакин М. В.** 199

Морфология плодной части плаценты свиней. **Саенко Н. В., Саенко П. С.** 205

Морфометрическая характеристика эритроцитов периферической крови маточного поголовья карпа (Cyprinus carpio) при жировой дистрофии печени. **Семенова Е. В., Мармурова О. М., Михайлов Е. В.** 210

Возрастные изменения площади гепатоцитов печени эмбрионов индейки под воздействием красного монохроматического света. **Галиуллина С. А., Хохлов Р. Ю.** 218

Парацетамол и стресс: половой диморфизм влияния на тимус, селезёнку и гематологические показатели. **Якупова Т. Г., Гизатуллина А. А., Мухаммадиева Г. Ф., Каримов Д. Д., Хуснутдинова Н. Ю., Смолянкин Д. А., Каримов Д. О., Файзуллина Г. А.** 222

Основные морфологические показатели крови при замене в рационе цыплят-бройлеров определенных белковых компонентов. **Зайцев С. Ю., Колесник Н. С., Савина А. А., Воронина О. А.** 228

Влияние моноклональных антител против ФНОα на уровни цитокинов при язвенном гастрите у лошадей. **Акриче С., Крячко О. В., Леткин А. И.** 233

Морфологическая характеристика печени перепелов при применении пробиотиков и поливитаминного комплекса «Чиктоник». **Лукашик Г. В., Скобельская Т. П.** 239

Микроскопические исследования внутренних органов крыс при длительном применении соли фосфония. **Вахитов И. И., Хайруллин Д. Д., Асрутдинова Р. А., Романов С. Р.** 246

Морфобиохимические показатели крови у новорожденных телят в контексте субклинического кетоза коров-матерей. **Протасова Е. М., Кочуева Н. А., Чаицкая К. Д.** 254

Анатомо-топографические особенности заднебедренной группы мышц разгибателей тазобедренного сустава у соболя. **Оганов Э. О., Слесаренко Н. А., Широкова Е. О.** 261

Особенности ветвления венозных сосудов пищевода, зоба и железистого желудка у курицы. **Диких А. А., Фоменко Л. В.** 267

Сравнительный анализ раннего эмбриогенеза у перепелов различных пород. **Вознесенская П. С., Мкртчян М. Э.** 272

Морфометрическая характеристика половых органов кобыл якутской породы в разные стадии полового цикла. **Слепцов Е. С., Алферов И. В., Румянцева Т. Д., Саввинова М. С.** 279

Влияния фитопробиотических комплексов на биохимический профиль сыворотки крови цыплят-бройлеров. **Козырев С. Г., Глинушкин А. П., Хацаева Р. М., Шаипов А. А., Кастуев И. Б., Парфентьев А. И.** 285

Полиморфизм гена CSN3 и его связь с биохимическим профилем крови у голштинского скота. **Сафина Н. Ю., Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Гайнутдинова Э. Р.** 292

Акушерство и гинекология

Динамика изменения уровня экспрессии генов ESR2 и PTHLH в процессе постэмбрионального развития репродуктивной системы кур. **Кузнецова Т. Ш., Коршунова Л. Г., Назарова А. В., Куликов Е. И., Горбаков М. Е.** 300

Эффективность вводного скрещивания костромского скота с быками швицкой породы. **Абилов А. И., Корнеенко-Жиляев Ю. А., Нарожных К. Н.** 305

Связь концентрации прогестерона в сыворотке крови циклирующих кобыл с площадью и показателями кровоснабжения жёлтого тела. **Солодова Е. В., Лебедева Л. Ф., Сакаев В. А., Левицкая В. Д.** 312

Клинико-биохимический мониторинг репродуктивного здоровья коров в хозяйствах разных организационных форм Удмуртской республики. **Ильин Е. В.** 317

Хирургия

Эпидуральная анестезия при различных типах хирургических вмешательств у собак. **Смоловская О. В., Плешков В. А., Воронина Ю. Р.** 321

Морфологические особенности саркомы мягких тканей у кошек. клинический случай. **Зирук И. В., Копчекчи М. Е., Красников А. В., Красникова Е. С., Терентьев А. А.** 333

Морфологическая картина при физиологической и патологической резорбции зубов у собак в сравнительном аспекте. **Фролов В. В., Егунова А. В., Иванцов В. А.** 338

Клинический случай диагностики билатеральной эктопии мочеточника, осложненной гидронефрозом и нефролитиазом, у собаки с применением компьютерной томографии. **Чечнева А. В., Налётова К. Н., Утушкина К. Н.** 344

Незаразные болезни

Заболеваемость телят при антенатальной гипоксии. **Жуков М. С., Паршин П. А., Шапошников И. Т., Бригадиров Ю. Н.** 350

Нозологическая структура офтальмопатий у кошек и собак в условиях города Костромы. **Русакова А. Е., Стекольников А. А., Решетняк В. В.** 354

Анализ адаптации сердечно-сосудистой системы служебных собак к нагрузкам поисково-спасательного профиля, по данным эхо- и электрокардиографических исследований. **Челнокова В. В., Прусаков А. В., Яшин А. В.** 359

Диагностические и терапевтические мероприятия при ожирении мелких домашних животных. **Паутова В. В., Скосырских Л. Н., Сидорова К. А., Драгич О. А., Калашникова М. В., Щипакин М. В.** 366

Геномная архитектура наследственных дефектов в популяциях мясного скота: от молекулярной диагностики к инновационным подходам терапии (обзор). **Безбородова Н. А., Соколова О. В., Зайцева О. С., Мартынов Н. А., Зверев А. В., Печёнкина М. А., Кулагина П. В.** 374

CONTENTS:

Infections diseases

Endogenous controls of amplification in the indication of infectious diseases of cattle and small ruminants. **Khammadov N. I., Khamidullina A. I., Gorbunova M. E., Salmanova G. R., Tarasova E. Yu., Galeeva A. G., Efimova M. A.** 11

Particularly dangerous bacterial pathogens in freshwater industrial fish farming in the north-west of Russia. **Plemyashov K. V., Krutikova A. A., Kostromin E. A., Kuznetsova T. Sh.** 18

Retrospective analysis of the spread of viral leukemia and immunodeficiency in cats. **Govorova M. V., Shakhova V. N., Belyaev V. A., Dannikov S. P., Ozheredova N. A., Kvochko A. N.** 26

Search for immunogenic epitopes in the structure of major antigens of the Newcastle disease virus. **Bairashev T. A., Galeeva A. G.** 30

Profiles of antibiotic resistance of microorganisms isolated from the droppings of healthy farm birds. **Lysko S. B., Pleshakova V. I.** 40

Control of the safety of intranasal vaccine against respiratory syncytial infection of cattle. **Streltsova Ya. B., Kashevarov G. S., Tarasova E. Yu., Yusupova K. V., Khuzin D. A., Yusupov S. A., Potekhina R. M.** 46

Epizootic situation for the major parasitosis of farm animals and birds in the Irkutsk region. **Meltsov I. V., Batomunkuev A. S., Sukhinin A. A.** 53

Determination of the concentration of inflammatory and anti-inflammatory interleukines in dairy cows with infectious mastitis of staphylococcal etiology. **Komarov M. V., Makavchik S. A.** 61

Diagnostic monitoring of mass fish mortality in north-western russian aquaculture farms and strategy of molecular genetic detection. **Kostromin E. A., Plemyashov K. V., Krutikova A. A.** 68

A pilot study to evaluate the consistency of different laboratory diagnostic methods for detecting babesia spp. in horses. **Demkina O. V., Kotelnikov D. D.** 73

Modulation of cellular immunity, IFNAR1 and IKBKB gene expression in the treatment of calves with bronchopneumonia. **Shutikov V. A., Gunkin D. V., Rud D. E., Mikhailov E. V., Cheskidova L. V.** 80

Viral diseases of fish as a factor of epizootic risk in freshwater aquaculture of the north-western region of the Russian Federation: features of pathogenesis and threats to coregonid and char species. **Krutikova A. A., Plemyashov K. V., Kostromin E. A.** 85

A modern approach to antibiotic therapy in cows with genital mycoplasmosis (review). **Vasiliev R. M.** 92

Analysis of the incidence of Holstein cow mastitis and the effectiveness of the treatment regimens used. **Simonov Yu. I., Chernenok V. V., Simonova L. N., Chernenok Yu. N., Semenov B. S.** 98

Seasonal dynamics of bovine strongyloidosis in livestock farms of the Amur region. **Bondarenko G. A., Solovyeva I. A., Ostyakova M. E., Trukhina T. I.** 105

On the question of increasing the susceptibility of gheric chickens to colibacteriosis. **Vinokhodov O. V.**

Diagnostics and prevention of reindeer brucellosis in Yakutia. **Sleptsov E. S., Alferov I. V., Koryakina L. P., Savvinova M. S., Nifontov K. R.** 114

Pharmacology, toxicology, pharmacy

Selective deworming of horses as a method to prevent parasite resistance to anthelmintics. **Gavrilova N. A.** 120

Effect of antioxidants on the microbiota and intestinal histostructure of white rats exposed to the pesticide glyphosate. **Egorov V. I., Galyautdinova G. G., Matrosova L. E., Malanev A. V., Semenov E. I., Aleyev D. V., Gubeeva E. G.** 125

Phagocytosis indices in chicken blood when using various antimicrobial drugs. **Prisnyi A. A., Potapova M. S., Skvortsov V. N., Kravtsova A. R.** 131

Bioreactor optimization of heterologous protein co-expression in a recombinant Lactobacillus spp. strain. **Samoylenko V. S., Lapina A. A.** 137

The effectiveness of antitoxic serum when exposed to Fusarim mycotoxins. **Mishina N. N., Matrosova L. E., Tanaseva S. A., Ermolaeva O. K., Sagdeeva Z. Kh., Erokhondina M. A.** 142

Neurotoxicological and morphological evaluation of the effects of aluminum hydroxide on the brain of rats with chronic exposure. **Gizatullina A. A., Yakupova T. G., Karimov D. D., Mukhamadieva G. F., Khmel A. O., Usmanova E. N., Smolyankin D. A., Karimov D. O.** 148

Rationale for the use of testicular hyaluronidase in the therapy of bovine mastitis. **Nikolaev S. V., Zalevskiy A. A.** 155

Correlation of CYPOR level with pharmacokinetics of caffeine and sorbitol in hepatobiliary pathologies in rats. **Ponamarev V. S., Popova O. S.** 161

Animal hygiene, sanitation, feeding

Comparative characteristics of modern methods of identification and control of cattle activity using a transponder system. **Trushkin V. A., Kucherenko K. B.** 167

Relationship between cecale microbiota taxa in laying hens with the expression of immune response genes. **Kochish I. I., Kapitonova E. A., Myasnikova O. V., Motin M. S.** 173

Study of the embryotoxic and teratogenic effects of the feed additive «Complisorbin». **Mishina N. N., Aleyev D. V., Vafin F. R., Semenov E. I.** 177

Anatomical and topographic features of branching of the cranial mesenteric artery of the black Pushkin sable. **Boiko T. V., Kamaltinova K. N., Luksha E. A.** 183

The current state of dairy farming in Russia. **Zaitsev S. Yu.** 191

Biochemistry, morphology, physiology

Anatomical and topographic features of branching of the cranial mesenteric artery of the black Pushkin sable. **Borisov S. V., Shchipakin M. V.** 199

Morphology of the fetal part of the placenta in pigs. **Saenko N. V., Saenko P. S.** 205

Morphometric characteristics of peripheral blood erythrocytes in common carp (Cyprinus carpio) broodstock with fatty liver dystrophy. **Semenova E. V., Marmurova O. M.** 210

Age-related changes in the area of liver hepatocytes of turkey embryos under the influence of red monochromatic light. **Galiullina S. A., Khokhlov R. Yu.** 218

Paracetamol and stress: sexual dimorphism of the effect on the thymus, spleen, and hematological parameters. **Yakupova T. G., Gizatullina A. A., Mukhamadieva G. F., Karimov D. D., Khusnutdinova N. Yu., Smolyankin D. A., Karimov D. O., Faizullina G. A.** 222

Main morphological indicators of blood by replacing certain protein components in the diet of broiler chickens. **Zaitsev S. Yu., Kolesnik N. S., Savina A. A., Voronina O. A.** 228

The effect of monoclonal antibodies against TNFα on cytokine levels in ulcerative gastritis in horses. **Akriche S., Kryachko O. V., Letkin A. I.** 233

Morphological characteristics of the liver of quails when using probiotics and multivitamin complex «Chictonic». **Lukashik G. V., Skobelskaya T. P.** 239

Microscopic studies of the internal organs of rats with prolonged use of phosphonium salt. **Vakhitov I. I., Khairullin D. D., Asrutdinova R. A., Romanov S. R.** 246

Morphobiochemical blood parameters in newborn calves in the context of subclinical ketosis in cows. **Protasova E. M., Kochueva N. A., Chaick aya K. D.** 254

Anatomical and topographic features of the posterior femoral extensor muscle group and hip adductor in sable. **Oganov E. O., Slesarenko N. A., Shirokova E. O.** 261

Features of branching of venous vessels of the esophagus, goiter and glandular stomach in chicken. **Dikikh A. A., Fomenko L. V.** 267

Comparative analysis of early embryogenesis in different breeds of quail. **Voznesenskaya P. S., Mkrtchyan M. E.** 272

Morphometric characteristics of the reproductive organs of Yakutian mares at different stages of the estrous cycle. **Sleptsov E. S., Alferov I. V., Rumyantseva T. D., Savvinova M. S.** 279

Effects of phytoprobiotic complexes on the biochemical profile of broiler chickens' blood serum. **Kozyrev S. G., Glinushkin A. P., Khatsaeva R. M., Shaipov A. A., Kastuev I. B., Parfentiev A. I.** 285

Polymorphism of the CSN3 gene and its association with the blood biochemical profile in Holstein cattle. **Safina N. Yu., Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Gainutdinova E. R.** 292

Obstetrics, gynecology

Dynamics of ESR2 and PTHLH gene expression during post-embryonic development of the reproductive system in hens. **Kuznetsova T. Sh., Korshunova L. G., Nazarova A. V., Kulikov E. I., Gorbakov M. E.** 300

Effectiveness of introductory crossing of Kostroma cattle with brown swiss bulls. **Abilov A. I., Korneenko-Zhilyaev Yu. A., Narozhnykh K. N.** 305

The relationship between corpus luteum area, blood supply parameters and serum progesterone concentration in cycling mares. **Solodova E. V., Lebedeva L. F., Sakayev V. A., Levitskaya V. D.** 312

Clinical and biochemical monitoring of reproductive health of cows in farms of different organizational forms of the Udmurt republic. **Ilyin Y. V.** 317

Surgery

Epidural anesthesia for various types of surgical procedures in dogs. **Smolovskaya O. V., Pleshkov V. A., Voronina Yu. R.** 321

Morphological features of fine tissue sarcoma in cats. A clinical case. **Ziruk I. V., Kopcekci M. E., Krasnikov A. V., Krasnikova E. S., Terenty-ev A. A.** 333

Morphological picture of physiological and pathological teeth resorption of dogs in a comparative aspect. **Frolov V. V, Egunova A. V., Ivantsov V. A.** 338

Clinical case of diagnostics of bilateral ureteric ectopy complicated by hydronephrosis and nephrolithiasis in a dog using computed tomography. **Chechneva A. V., Nalyotova K. N., Utushkina K. N.** 344

Non-communicable diseases

Morbidity in calves with antenatal hypoxia. **Zhukov M. S., Parshin P. A., Shaposhnikov I. T., Brigadirov Yu. N.** 350

Nosological structure of ophthalmopathies in cats and dogs in the city of Kostroma. **Rusakova A. E., Stekolnikov A. A., Reshetnyak V. V., Burdeyniy V. V.** 354

Analysis of the adaptation of the cardiovascular system of service dogs to the loads of the search and rescue profile, according to echo and electrocardiographic studies. **Chelnokova V. V., Prusakov A. V., Yashin A. V.** 359

Diagnostic and therapeutic measures for the obesity of small pets. **Pautova V. V., Skosyrskikh L. N., Sidorova K. A., Dragich O. A., Kalashnikova M. V., Shchipakin M. V.** 366

Genomic architecture of hereditary defects in beef cattle populations: from molecular diagnostics to innovative therapy approaches (review). **Bezborodova N. A., Sokolova O. V., Zaitseva O. S., Martynov N. A., Zverev A. V., Pechenkina M. A., Kulagina P. V.** 374

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619:616.9:577.21
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.11

ЭНДОГЕННЫЕ КОНТРОЛИ АМПЛИФИКАЦИИ ПРИ ИНДИКАЦИИ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КРУПНОГО И МЕЛКОГО РОГАТОГО СКОТА

Хаммадов Н. И.[1,2]* — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5669-1486); **Хамидуллина А. И.**[1] — мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5593-2399); **Горбунова М. Е.**[1] — канд. биол. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0707-2117); **Сальманова Г. Р.**[1] — мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-2356-133X); **Тарасова Е. Ю.**[1] — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Галеева А. Г.**[1,2] — канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-2650-6459); **Ефимова М. А.**[1,2] — д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-8786-1310).

[1]ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности».

[2]ФГБОУ ВО Казанский ГАУ Институт «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана».

* nikhammadov@mail.ru.

Ключевые слова: *внутренний контроль амплификации, генетический маркер, олигонуклеотиды, диагностика, ПЦР.*

Key words: *internal control for amplification, genetic marker, oligonucleotides, diagnostics, PCR.*

Финансирование: *работа выполнена за счет гранта, предоставленного 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 22.12.2025 № 4/2025-ПД-ВНИВИ).*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Для достоверной интерпретации результатов ПЦР необходимо использовать: положительный, отрицательный и внутренний контроль. Внутренний контроль может быть двух видов: экзогенный, подразумевает дополнительное внесение в анализируемый образец (при выделении ДНК или РНК) нуклеиновых кислот для гибридизации праймеров для внутреннего контроля амплификации и эндогенный, когда нуклеиновые кислоты для контроля уже присутствуют в самом образце. Данное исследование посвящено анализу невидоспецифичных генов крупного рогатого скота, овец и коз и поиску консервативных локусов, которые можно применить для внутреннего контроля амплификации при выявлении нуклеиновых кислот возбудителей инфекционных заболеваний крупного и мелкого рогатого скота. Для дизайна олигонуклеотидов были отобраны гены крупного и мелкого рогатого скота, а именно: бета-галактозидазы, гиалуронидазы, диацилглицерол О-ацилтрансферазы, каппа-казеина, лактоферрина, нейраминидазы, окситоцина и фосфорилаз киназы. Учитывая нуклеотидный полиморфизм невидоспецифичных генов крупного рогатого скота, овец и коз, удалось определить наиболее консервативные локусы анализируемых генов для целевых животных, подходящие для дизайна соответствующих праймеров и зондов. Сопоставив различия в нуклеотидной последовательности всего гена и его экзонов для каждого гена, удалось определить наиболее консервативные локусы экзонов двух из анализируемых генов, подходящие для дизайна соответствующих праймеров и зондов. В результате выравнивания нуклеотидных последовательностей для каждого гена, был определен избыточный нуклеотидный полиморфизм у разных животных при совместном выравнивании нуклеотидной последовательности всего гена и его экзонов. Однако при выравнивании лишь экзонов анализируемых генов наблюдается множество консервативных локусов, пригодных для дизайна соответствующих олигонуклеотидов. В качестве внутреннего контроля при ОТ-ПЦР предложены олигонуклеотиды, комплиментарные экзонам генов бета-галактозидазы и нейраминидазы.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Выявление нуклеиновых кислот возбудителей инфекционных заболеваний технологически подразумевает выполнение ряда процедур: выделения нуклеиновых кислот, приготовление реакционной смеси для амплификации, реакцию амплификации (в ряде случаев объединённую с реакцией обратной транскрипции) и детекцию результатов амплификации (в случае применения флуоресцентных красителей и флуоресцентно-меченных зондов реакция амплификации и детекция её результатов объединяются в один этап), при применении флуоресцентных красителей жела-

тельно добавление в программу амплификации стадии анализа плавления ампликонов для подтверждения достоверности сигнала флуоресценции [1—3].

При анализе результатов амплификации исследователь получает либо положительный результат (который свидетельствует об обнаружении маркерной нуклеиновой кислоты при условии отрицательного результата ПЦР в пробе с отрицательным контролем амплификации) либо отрицательный результат, относительно которого возникает ряд вопросов – работоспособна ли реакционная смесь, приготовленная для данной реакции (на этот вопрос отвечает положительный результат ПЦР с положительным контрольным образцом), не остались ли ингибиторы полимеразной цепной реакции в образце с нуклеиновыми кислотами и выделилась ли ДНК из исследуемого образца (на этот вопрос отвечает соответствующий результат ПЦР с внутренним контрольным образцом). Большинство коммерческих тестов для выявления нуклеиновых кислот возбудителей инфекционных заболеваний комплектуются внутренним контрольным образцом, однако большинство таких контролей являются экзогенными – представляют собой образец ДНК (соответствующий дополнительному генетическому маркеру в реакционной смеси для ПЦР), который добавляется в исследуемый образец, из которого выделяют нуклеиновые кислоты, с детекцией этой ДНК одновременно с целевым генетическим маркером [4, 5]. Подобный подход достоверно демонстрирует, не осталось ли ингибиторов ПЦР в анализируемом препарате ДНК, однако не даёт ответа на вопрос об эффективности лизиса клеток в ходе выделения нуклеиновых кислот.

Одним из наиболее эффективных внутренних контролей амплификации является контроль генетических маркеров непосредственно животного (эндогенный внутренний контроль), из патологического (или клинического) материала которого осуществляется выделение нуклеиновых кислот. Такой подход обеспечивает контроль всех этапов анализа, в том числе и эффективность работы лизирующего буфера при выделении нуклеиновых кислот. Также эндогенный внутренний контроль можно адаптировать и для контроля эффективности обратной транскрипции при выявлении генетических маркеров РНК-содержащих вирусов, при этом амплификация направлена на гибридизацию праймеров в экзонах амплифицируемого гена, разделённых достаточно протяженным (200 п.о. и более) интроном. Таким образом обеспечиваются оптимальные условия для обратной транскрипции и последующей амплификации целевой последовательности РНК, и отсутствие возможности амплификации с матрицы ДНК, кодирующей этот ген.

Наиболее результативно и экономически обоснованно сочетать целевую амплификацию и амплификации внутреннего контрольного образца в мультиплексной ПЦР, в которой дизайн олигонуклеотидных затравок обеспечивает преимущество в реакции амплификации целевому генетическому маркеру (на 3´ конце специфических праймеров больше гуанинов и цитозинов, чем на праймерах для внутреннего контроля амплификации, температура плавления специфических праймеров максимально близка к температуре отжига праймеров, а температура плавления праймеров для внутреннего контроля амплификации на 3-5 градусов ниже температуры отжига применяемой в программе амплификации). Так же стоит отметить, что мультиплексная амплификация возможно не только с применением TaqMan-зондов [6].

Целью работы являлся поиск генетических маркеров, которые можно применить для внутреннего контроля амплификации при выявлении нуклеиновых кислот возбудителей инфекционных заболеваний крупного и мелкого рогатого скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Нуклеотидные последовательности изолятов генов крупного и мелкого рогатого скота определены путем поисковых запросов баз данных ресурсов NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/). Множественное выравнивание и дизайн олигонуклеотидов осуществляли с использованием программы Vector NTI 9.1 (Invitrogen Corporation), как было описано ранее [7]. Для анализа использовали нуклеотидные последовательности со следующими GenBank ID: ген бета-галактозидазы (AB325581, AB327260, XM018057939, XM060397066), ген гиалуронидазы (DI101565, XM013963438, XR009600522, XM069588297), ген диацилглицерол О-ацилтрансферазы (ДГАТ) (AY065621, NM174693, MT221183, NM001110164), ген каппа-казеина (AY380229, AY899918, NM0010099373, XM005681721), ген лактоферрина (AH000852, XM059887354, XM018049257, XM042251193), ген нейраминидазы (AB327106, XM005696568, XM069564021), ген окситоцина (AB481096, NM176855, NM001009801, XM018057424) и ген фосфорилаз киназы (NG030611, XM018053844, XM027972125).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В отличие от специфических генетических маркеров, к нуклеотидной последовательности внутреннего контроля амплификации нет необходимости проводить BLAST-анализ, так как любая амплификация в данном случае будет свидетельствовать об успешности ПЦР. Действительно важным же параметром будет наличие полиморфизма нуклеотидов в нуклеотидных последовательностях генов, используемых для внутреннего контроля амплификации. Так, для дизайна олигонуклеотидов был отобран ряд невидоспецифичных генов крупного и мелкого рогатого скота, а именно: бета-галактозидазы, гиалуронидазы, ДГАТ, каппа-казеина, лактоферрина, нейраминидазы, окситоцина и фосфорилаз киназы.

Структура генов бета-галактозидазы, гиалуронидазы, ДГАТ и каппа-казеина и выравнивание их нуклеотидных последовательностей (для крупного рогатого скота (*Bos taurus*), коз (*Capra hircus*) и овец (*Ovis aries*)) в области, приемлемой для дизайна праймеров и зонда, представлены на рисунке 1.

Структура генов лактоферрина, нейраминидазы, окситоцина и фосфорилаз киназы и выравнивание их нуклеотидных последовательностей (для крупного рогатого скота, коз и овец) в области, приемлемой для дизайна праймеров и зонда, представлены на рисунке 2.

Исходя из данных, представленных на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод об избыточном нуклеотидном полиморфизме всех генов у разных животных при совместном выравнивании нуклеотидной последовательности всего гена и его экзонов, однако при выравнивании лишь экзонов анализируемых генов наблюдается множество консервативных локусов, пригодных для дизайна соответствующих олигонуклеотидов. Следует отметить, что распределение интронов генов бета-галактозидазы и нейраминидазы позволяют выполнить дизайн олигонуклеотидов, позволяющих амплифицировать лишь экзоны соответствующих генов, что хорошо подходит для внутреннего контроля амплификации при выявлении маркерных генов РНК-содержащих вирусов. Нуклеотидные последовательности предлагаемых олигонуклеотидов для внутреннего контроля амплификации представлены в таблице 1.

На практике амплификация в мультиплексном формате в некоторых случаях сопровождается определёнными осложнениями, когда амплификация одного генетического маркера затрудняет амплификацию другого. При совместной амплификации генетических маркеров внутреннего контроля и искомого патогена преимущество в осуществлении реакции должно быть у олигонуклеотидов для специфической части реакции, для этого температура плавления праймеров для амплификации специфического генетического маркера должна быть на несколько градусов выше, чем у праймеров

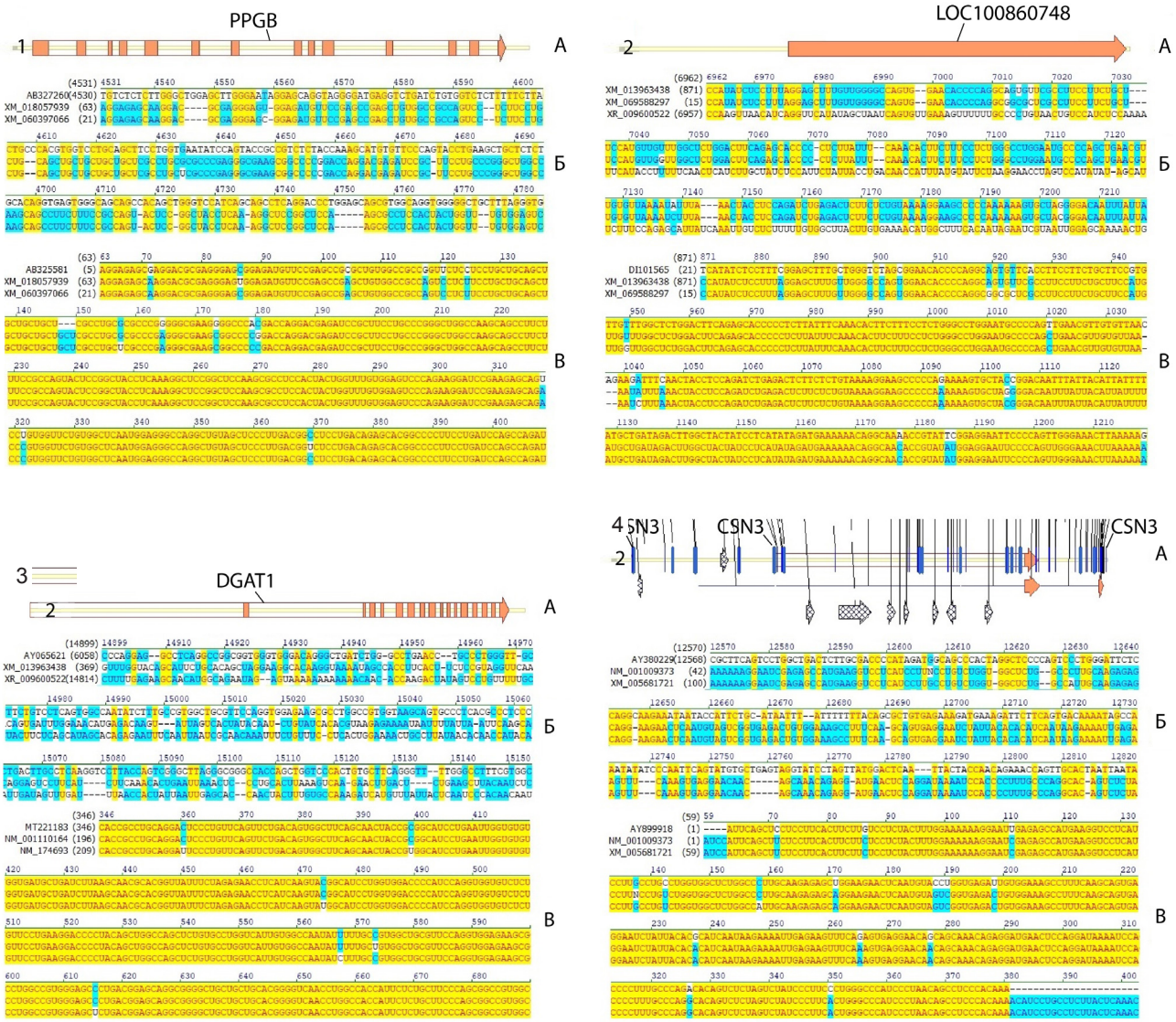


Рисунок 1 *— Данные относительно генов бета-галактозидазы, гиалуронидазы, диацилглицерол О-ацилтрансферазы и каппа-казеина. 1 — ген бета-галактозидазы, 2 — ген гиалуронидазы, 3 — ген ДГАТ, 4 — ген каппа-казеина, А — структура гена, Б — выравнивание всей нуклеотидной последовательности, В — выравнивание нуклеотидной последовательности экзонов.*

Figure 1 *— Data on the beta-galactosidase, hyaluronidase, diacylglycerol O-acyltransferase, and kappa-casein genes. 1 — beta-galactosidase gene, 2 — hyaluronidase gene, 3 — DGAT gene, 4 — kappa-casein gene. A — gene structure, B — alignment of the entire nucleotide sequence, C — alignment of the nucleotide sequence of exons.*

для внутреннего контроля реакции, а температура отжига в программе амплификации должна быть оптимальной именно для амплификации специфического генетического маркера. Выбор красителя зависит от характеристик зондов для специфической амплификации выявляемого патогена (они не должны совпадать). Эффективность сочетания внутреннего контроля амплификации с целевой ПЦР наиболее точно можно определить при постановке совместной реакции. Результат применения эндогенных контролей амплификации представлен в ранее опубликованных работах [7, 8].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Для достоверной интерпретации результатов ПЦР необходимо использовать ряд контрольных реакций – положительный контроль для определения состоятельности реакционной смеси для ПЦР и определения эффективности работы специфичных олигонуклеотидов для выявления ДНК/РНК искомого патогена, отрицательный контроль для выявления возможной контаминации на различных стадиях реакции и внутренний контроль для определения состоятельности реакционной смеси для ПЦР и подтверждения эффективности выделения и очистки препарата ДНК или РНК. При этом эндогенный внутренний контроль обладает рядом преимуществ над экзогенным: кроме подтверждения эффективности выделения и очистки препарата ДНК или РНК, определяется ещё и эффективность лизиса исследуемого материала, нет необходимости добавлять экзогенный контроль в пробу для выделения нуклеиновых кислот (исследуемый образец уже содержит матрицу для гибридизации олигонуклеотидов для внутреннего контроля амплификации), применяя соответствующие олигонуклеотиды, можно контролировать эффективность прохождения обратной транскрипции РНК без дополнительного добавления РНК-содержащих вирусных или вирусоподобных частиц.

Учитывая нуклеотидный полиморфизм невидоспецифичных генов крупного рогатого скота, овец и коз, удалось определить наиболее консерва-

Рисунок 2 *— Данные относительно генов лактоферрина, нейраминидазы, окситоцина и фосфорилаз киназы. 1 — ген лактоферрина, 2 — ген нейраминидазы, 3 — ген окситоцина, 4 — ген фосфорилаз киназы, А — структура гена, Б — выравнивание всей нуклеотидной последовательности, В — выравнивание нуклеотидной последовательности экзонов.*

Figure 2 *— Data on the lactoferrin, neuraminidase, oxytocin, and phosphorylase kinase genes. 1 — lactoferrin gene, 2 — neuraminidase gene, 3 — oxytocin gene, 4 — phosphorylase kinase gene. A — gene structure, B — alignment of the entire nucleotide sequence, C — alignment of the nucleotide sequence of exons.*

тивные локусы анализируемых генов для целевых животных, подходящие для дизайна соответствующих праймеров и зондов. Сопоставив различия в нуклеотидной последовательности всего гена и его экзонов для каждого гена, удалось определить наиболее консервативные локусы экзонов двух из анализируемых генов, подходящие для дизайна соответствующих праймеров и зондов. Сопоставляя нуклеотидные последовательности для каждого гена, был определен избыточный нуклеотидный полиморфизм у разных животных при совместном выравнивании нуклеотидной последовательности всего гена и его экзонов, однако при выравнивании лишь экзонов анализируемых генов наблюдается множество консервативных локусов, пригодных для дизайна соответствующих олигонуклеотидов. Распределение интронов генов бета-галактозидазы и нейраминидазы позволяют выполнить дизайн олигонуклеотидов, позволяющих амплифицировать лишь экзоны соответствующих генов, что хорошо подходит для внутреннего контроля амплификации при выявлении маркерных генов РНК-содержащих вирусов. В рамках исследования был выполнен дизайн нуклеотидных последовательностей, предлагаемых олигонуклеотидов для внутреннего контроля амплификации.

Таблица 1 — Характеристика разработанных олигонуклеотидов

Table 1 — Characteristics of the developed oligonucleotides

Генетический маркер	Функция	Нуклеотидная последовательность	Температура плавления олигонуклеотида, °С	Размер ампликона
Ген бета-галактозидазы	F праймер	gcagccttctttccgccag	57,2	129 п.о.
	Зонд*	ctacctcaaaggctccggctccaag	64	
	R праймер	ccctcacggtgggcattg	56,7	
Экзон гена бета-галактозидазы	F праймер	gcagccttctttccgccag	57,2	116 п.о. / 463 п.о**
	Зонд*	ctacctcaaaggctccggctccaag	64	
	R праймер	gccacagaaccacaggactgct	57,9	
Ген гиалуронидазы	F праймер	ctttcctctgggcctggaatg	57,3	152 п.о.
	Зонд*	actcttctctgtaaaaggaagcccccagaa	64,2	
	R праймер	gccaagtctatcagcataaaataatgtaataaa	57,5	
Ген ДГАТ	F праймер	cctcttcctcaagctgttctcctac [8]	55,9	86 п.о.
	Зонд*	acgtcaacctctggtgccgagagc [8]	64,4	
	R праймер	cctcaccagccttggcctt [8]	56,4	
Ген каппа-казеина	F праймер	ttggcaggcacagtatttgaca [8]	55,6	136 п.о.
	Зонд*	ttgaagaatttgggcaggtgacctaactg [8]	64,0	
	R праймер	attactaccaacagaaaccagttgca [8]	55,3	
Ген лактоферрина	F праймер	gaacctacacatgctgcaatggaa	57,8	96 п.о.
	Зонд*	ccaaggggtgggggaggacttc	63,4	
	R праймер	ccctgcttatcgttcactgattgc	58,7	
Ген нейраминидазы	F праймер	cagcgggagcctcggaa	56,9	116 п.о.
	Зонд*	atcatcgctgagcaggcagaaaacc	63,4	
	R праймер	ccacctccgtagcgccag	56,4	
Экзон гена нейраминидазы	F праймер	ccagcccaagcgggaaaa	58,1	180 п.о. / 356 п.о**
	Зонд*	aaccaaaacaactaccactgccattgcc	64,5	
	R праймер	tccgtgtcaaaggtcacatccc	58,3	
Ген окситоцина	F праймер	ggttccagcctcgcctgc	57,8	74 п.о.
	Зонд*	tcggcctcctggcgttgacct	64,5	
	R праймер	agggggcagttctgaatgtagca	58,7	
Ген фосфорилаз киназы	F праймер	agccgttagcgcagttggc	57,7	139 п.о.
	Зонд*	cggtcggcggcggcaca	66,7	
	R праймер	agggaggccgagagagcga	58,5	

Примечание: *F праймер — прямой праймер; R праймер — обратный праймер; п.о. — пар оснований; * — к нуклеотидной последовательности зонда необходимо присоединение флуоресцентного красителя и гасителя флуоресценции в формате Fam…BHQ1, либо Rox…BHQ2, либо R6G…BHQ2, либо Cy5…BHQ3; ** — размер ампликона на ДНК-матрице всего гена.*

ENDOGENOUS CONTROLS OF AMPLIFICATION IN THE INDICATION OF INFECTIOUS DISEASES OF CATTLE AND SMALL RUMINANTS

Khammadov N. I.[1,2] — candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-5669-1486); **Khamidullina A. I.**[1] — Junior Researcher (ORCID 0000-0001-5593-2399); **Gorbunova M. E.**[1] — candidate of Biological Sciences, Researcher (ORCID 0000-0002-0707-2117); **Salmanova G. R.**[1] — Junior Research (ORCID 0000-0003-2356-133X); **Tarasova E. Yu.**[1] — candidate of Biological Sciences, Leading researcher (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Galeeva A. G.**[1,2] — candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-2650-6459); **Efimova M. A.**[1,2] — doctor of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-8786-1310).

[1]FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety».

[2]FSBEI HE «Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman».

* nikhammadov@mail.ru.

Funding: The work was supported by a grant provided by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, scientific and other organizations to support plans for the development of human resources in terms of stimulating their scientific and teaching staff to defend doctoral dissertations and carry out research work (Agreement dated 22.12.2025 No. 4/2025-PD-VNIVI).

ABSTRACT. *For reliable interpretation of PCR results, it is necessary to use a series of control reactions, namely: a positive, negative and an internal control. Internal control can be of two types: exogenous, which involves adding nucleic acids to the sample being analyzed (during DNA or RNA extraction) for hybridization of primers for internal amplification control, and endogenous, where the nucleic acids for control are already present in the sample itself. This study focuses on analyzing non-species-specific genes from cattle, sheep, and goats and identifying conserved loci that can be used for internal amplification control in the detection of nucleic acids from infectious agents in cattle and small ruminants. A number of genes from cattle and small ruminants were selected for oligonucleotide design, namely: beta-galactosidase, hyaluronidase, diacylglycerol O-acyltransferase, kappa-casein, lactoferrin, neuraminidase, oxytocin, and phosphorylase kinase. Taking into account the nucleotide polymorphism of non-species-specific genes in cattle, sheep, and goats, it was possible to identify the most conserved loci of the analyzed genes for the target animals, suitable for the design of corresponding primers and probes. By comparing the nucleotide sequence differences of the entire gene and its exons for each gene, it was possible to identify the most conserved loci of the exons of two of the analyzed genes, suitable for the design of corresponding primers and probes. Aligning the nucleotide sequences for each gene revealed excessive nucleotide polymorphism across different animals when aligning the nucleotide sequence of the entire gene and its exons. However, when aligning only the exons of the analyzed genes, numerous conserved loci were observed, suitable for designing of corresponding oligonucleotides. Oligonucleotides complementary to the exons (two exons separated by an intron) of the beta-galactosidase and neuraminidase genes were proposed as internal controls for RT-PCR.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ивойлов О. О., Кочетов А. Г., Мининкова А. И. Анализ и моделирование трудозатрат персонала медицинской лаборатории при осуществлении ПЦР-тестирования на РНК SARS-CoV-2: фотохронометражное исследование. Российский медицинский журнал. 2022; 28(2):103—117. DOI: 10.17816/medjrf108935.

2. Нефедченко А. В., Котенева С. В. и др. Выявление пестивирусов крупного рогатого скота при помощи мультиплексной полимеразной цепной реакции в режиме реального времени. Вопросы вирусологии. 2020; 65(2):95—102. DOI: 10.36233/0507-4088-2020-65-2-95-102.

3. Черепушкина В. С., Сысоева О. Е. и др. Изучение случаев микозов у цыплят—бройлеров в Западно-Сибирском регионе в 2022 году с использованием различных методов диагностики Птицеводство. 2024; 2:44—50. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-2-44-50.

4. Федорович С. В., Супрун И. И., Упадышев М. Т. Разработка метода мультиплексной идентификации вируса шарки сливы и гена большой субъединицы рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы/ оксигеназы как внутреннего положительного контроля амплификации.

REFERENCES

1. Ivoylov O. O., Kochetov A. G., Mininkova A. I. Analysis and modeling of labor costs of medical laboratory personnel during PCR testing for SARS-CoV-2 RNA: a photochronometry study. Russian Medical Journal. 2022; 28(2):103—117. DOI: 10.17816/medjrf108935. (In Russ.).

2. Nefedchenko A. V., Koteneva S. V., Glotova T. I., Glotov A. G. Detection of bovine pestiviruses using multiplex polymerase chain reaction in real time. Questions of Virology. 2020; 65(2):95—102. DOI: 10.36233/0507-4088-2020-65-2-95-102. (In Russ.).

3. Cherepushkina V. S., Sysoeva O. E., Afonyushkin V. N., Davydova N. V. Study of cases of mycosis in broiler chickens in the West Siberian region in 2022 using various diagnostic methods. Poultry farming. 2024; 2:44—50. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-2-44-50. (In Russ.)

4. Fedorovich S. V., Suprun I. I., Upadyshev M. T. Development of a method for multiplex identification of plum pox virus and the gene of the large subunit of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase as an internal positive control for amplification. Fruit growing

Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023; 81(3):279—289. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-3-81-279-289.

5. Федосеева Л. А., Шевелев О. Б., Колосова Н. Г., Дымшиц Г. Ш. Рибонуклеопротеиновые частицы фага MS2 как экзогенный внутренний контроль для нормирования данных ОТ-ПЦР в исследовании экспрессии генов развивающегося мозга крысы. Биохимия. 2014; 79(7):888—900.

6. Галеева А. Г., Хаммадов Н. И., Ахунова А. Р. Мультиплексная ПЦР для технологического контроля рекомбинантного штамма *E. coli* — продуцента антигена вируса КЧС. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025; 2(70):133—139. DOI: 10.18286/1816-4501-2025-2-133-139.

7. Хаммадов Н. И., Горбунова М. Е., Сальманова Г. Р., Фахрутдинов Н. А., Гулюкин А. М., Галеева А. Г., Громова Е.А. Конструирование специфических праймеров для ПЦР-диагностики классической чумы. Ветеринарный врач. 2024; 3:41—46. DOI: 10.33632/1998-698X_2024_3_41.

8. Хаммадов Н. И. Генетические маркеры вируса ящура крупного рогатого скота, геномный анализ Проблемы особо опасных инфекций. 2019; 2:111—116. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-2-111-116.

and viticulture of the South of Russia. 2023; 81(3):279—289. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-3-81-279-289. (In Russ.).

5. Fedoseeva L. A., Shevelev O. B., Kolosova N. G., Dymshits G. Sh. MS2 phage ribonucleoprotein particles as an exogenous internal control for normalizing RT-PCR data in a study of gene expression in the developing rat brain. Biochemistry. 2014; 79(7):888—900. (In Russ.).

6. Galeeva A. G., Khammadov N. I., Akhunova A. R. Multiplex PCR for technological control of a recombinant E. coli strain — producer of CSF virus antigen. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2025; 70(2):133—139. DOI: 10.18286/1816-4501-2025-2-133-139. (In Russ.).

7. Khammadov N. I., Gorbunova M. E., Sal'manova G. R., Fakhrutdinov N. A., Gulyukin A. M., Galeeva A. G., Gromova E. A. Construction of specific primers for PCR diagnostics of classical swine fever. Veterinarian. 2024; 3:41—46. DOI: 10.33632/1998-698X_2024_3_41. (In Russ.).

8. Khammadov N. I. Genetic markers of foot—and—mouth disease virus in cattle, genomic analysis. Problems of especially dangerous infections. 2019; 2:111—116. DOI: 10.21055/0370-1069-2019-2-111-116. (In Russ.).

УДК: 619:616.9:597.5(470.2)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.18

ОСОБО ОПАСНЫЕ ПАТОГЕНЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПРЕСНОВОДНОМ ИНДУСТРИАЛЬНОМ РЫБОВОДСТВЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Племяшов К. В. — д-р ветеринар. наук, проф., член-корр. РАН, ректор (ORCID 0000-0002-3658-5886); **Крутикова А. А.** * — канд. биол. наук, доц. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0003-2561-145x); **Костромин Е. А. —** канд. биол. наук, доц. каф. аквакультуры и болезней рыб (0000-0002-1242-8392); **Кузнецова Т. Ш. —** канд. биол. наук, доц. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0002-8981-0696).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

* anntim2575@mail.ru.

Ключевые слова: *аквакультура, бактериальные патогены рыб, сиговые, гольцовые, антибиотикорезистентность, молекулярная диагностика.*

Key words: *aquaculture, bacterial fish pathogens, coregonids, chars, antimicrobial resistance, molecular diagnostics.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Пресноводная аквакультура северо-западных регионов России, таких как Республика Карелия, Ленинградская, Вологодская и Мурманская области, специализируется преимущественно на разведении рыб семейства лососёвых (Salmo, Oncorhynchus, Salvelinus) и сиговых — (Coregonus). В условиях интенсификации производства, трансформации природных свойств водных объектов и специфики гидроклиматических условий региона бактериальные инфекции приобретают характер наиболее распространённой и экономически значимой угрозы отрасли. Целью работы является системный анализ актуальных данных международных баз генетической информации по вопросам этиологии, молекулярно-генетических механизмов вирулентности, а также анализ научных публикаций о проблемах эпидемиологии и экономической значимости ведущих бактериальных патогенов пресноводной аквакультуры северо-западного региона России. Проведен систематический анализ баз данных генетической информации (NCBI GenBank, UniProt) о ведущих бактериальных патогенах пресноводной аквакультуры в условиях холодноводного рыбоводства. Рассмотрены наиболее опасные нозологии, такие как фурункулёз лососёвых (Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida), болезни холодной воды (Flavobacterium psychrophilum), болезни красного рта (Yersinia ruckeri), бактериальной болезни почек (Renibacterium salmoninarum) и колумнариозы (Flavobacterium columnare). Рассмотрены молекулярно-генетические детерминанты вирулентности каждого патогена, включая системы секреции типа III (T3SS) и VI (T6SS), основные токсины и факторы адгезии. Показана нарастающая роль антибиотикорезистентности, в том числе горизонтального переноса генов резистентности, как системной угрозы в контексте концепции «Единого здоровья» (One Health). Сделан вывод о необходимости внедрения в отечественную практику мультиплексной молекулярной диагностики, регулярного геномного надзора за циркулирующими штаммами и совершенствования биобезопасности рыбоводных хозяйств.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Индустриальное рыбоводство является одним из наиболее динамично развивающихся секторов агропромышленного комплекса России. По данным Росрыболовства, объём производства продукции аквакультуры в Российской Федерации по итогам 2023 года превысил 380 тыс. тонн, при этом значительная доля продукции приходится на пресноводные хозяйства Северо-Западного федерального округа. Республика Карелия остаётся крупнейшим регионом — продуцентом товарной форели и лосося в пресноводном рыбоводстве страны, а промышленное разведение сигов (Coregonus spp.) и гольцов (Salvelinus spp.) приобретает всё большее значение в Ленинградской, Вологодской и Мурманской областях. Между тем, в 2025 году отмечено уменьшение объёма товарного производства рыбы по причине роста бактериальных инфекционных заболеваний в аквакультуре Северо-Запада.

Интенсификация производства, рост плотности посадки, трансформация природных свойств водных объектов, расширение оборота живой рыбы между хозяйствами неизбежно сопровождаются усилением эпизоотической нагрузки. Инфекционные болезни рыб, по различным оценкам, ответственны за 10—30 % совокупных потерь мировой аквакультуры [1]. Среди инфекционных агентов бактериальные патогены занимают лидирующее положение: они обусловливают наибольшее число регистрируемых вспышек, причиняют значительный прямой экономический ущерб вследствие гибели рыбы и косвенный — в связи с затратами на антибиотикопрофилактику, дезинфекцию и вынужденный убой поголовья [2].

Северо-западные регионы России характеризуются специфическим гидроклиматическим профилем: низкая температура воды (4—14°C в течение большей части года), высокая кислородная ёмкость, олиготрофность большинства озёрных водоёмов Карелии и Мурманской области. Эти условия, с одной стороны, благоприятны для выращивания холодноводных рыб, с другой — создают оптимум для размножения психрофильных и психротрофных бактериальных патогенов, прежде всего *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, Flavobacterium psychrophilum* и *Yersinia ruckeri* [3].

Особую научную и практическую актуальность представляет изучение бактериозов применительно к сиговым и гольцовым рыбам. Промышленное разведение пеляди (*Coregonus peled*), сига-лудоги (*C. lavaretus*), нельмы (*Stenodus nelma*), а также арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) и кумжи (*Salmo trutta*) в последние годы существенно расширилось. Между тем восприимчивость этих видов к основным бактериальным патогенам аквакультуры изучена значительно хуже, чем у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), а специфических диагностических протоколов и вакцин для данных видов в России практически не разработано.

Дополнительной угрозой служит нарастание антибиотикорезистентности среди возбудителей болезней рыб — явление, являющееся не только актуальной проблемой ветеринарной медицины, но и приобретающее характер проблемы общественного здравоохранения в контексте концепции «Единого здоровья» (*One Health*) [4].

Целью настоящей работы является системный анализ актуальных данных международных баз генетической информации по вопросам этиологии, молекулярно-генетических механизмов вирулентности, а также анализ научных публикаций о проблемах эпидемиологии и экономической значимости ведущих бактериальных патогенов пресноводной аквакультуры северо-западного региона России. Приоритетом является уязвимость сиговых (*Coregonidae*) и гольцовых (*Salvelinus spp.*) видов рыб и выработка рекомендаций по совершенствованию молекулярно-диагностической базы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Выполнен системный аналитический обзор. Дополнительно использованы геномные базы данных NCBI GenBank и RefSeq для верификации генетических данных о патогенах, а также данные UniProt для анализа белков-факторов вирулентности. Проанализированы материалы методических руководств FAO и WOAH (МЭБ) по диагностике нотифицируемых болезней рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Исходя из анализа экспериментальных данных рыбоводческих хозяйств, наиболее опасным возбудителем системного бактериоза – фурункулёза — является грамотрицательная, неподвижная, факультативно-анаэробная гамма-протеобактерия *Aeromonas salmonicida* подвид *Salmonicida* из семейства *Aeromonadaceae*. Возбудитель известен в аквакультуре более ста лет [5]. Для патогена характерно психрофильное поведение: оптимальная температура роста составляет 22–25°C, однако клинически значимые вспышки регистрируются при 8–18°C, что принципиально важно для условий Северо-Запада России.

Центральным молекулярным детерминантом вирулентности *A. salmonicida* служит система секреции типа III (T3SS), кодируемая генами asc-оперона, опосредующая инъекцию эффекторных белков AopP, AopO, AexT непосредственно в цитоплазму клеток-хозяев с целью подавления иммунного ответа [6]. Поверхностный S-слой (белок VapA, кодируемый хромосомным геном vapA) обеспечивает защиту от опсонизации и фагоцитоза, образуя антифагоцитарный барьер [7]. Кроме того, патоген продуцирует экзоферменты (протеазы, хитиназу, аэролизин-подобные гемолизины), усугубляющие деструкцию тканей и развитие некротических поражений мышц [8].

В отношении сиговых и гольцовых рыб показательны результаты стандартизированной модели заражения *Salvelinus fontinalis* (ручьевая форель) штаммом *A. salmonicida* 890054: вид оказался высоко восприимчивым при внутрибрюшинном инфицировании, а клинические признаки фурункулёза не отличались от таковых у радужной форели [9]. Имеющиеся данные свидетельствуют, что сиговые, в частности (*C. lavaretus* и *C. maraena*) восприимчивы к A. salmonicida в условиях промышленного разведения; в европейских специализированных сиговых хозяйствах зарегистрированы рецидивирующие вспышки фурункулёза с клиническими признаками, аналогичными таковым у лососёвых [10].

Нарастание резистентности к антибактериальным препаратам у *A. salmonicida* задокументировано во многих странах. По данным комплексного геномного анализа штаммов из европейской аквакультуры, значительная их доля несёт детерминанты резистентности к тетрациклинам (tet), хинолонам (мутации gyrA) и β-лактамам на мобильных генетических элементах [11]. Схожая ситуация зафиксирована для возвратных штаммов из чилийской аквакультуры [12]. Принципиально важно, что данных о профилях резистентности штаммов *A. salmonicida* из российских аквакультурных хозяйств в международных базах генетической информации крайне мало: этот пробел препятствует сравнительному анализу и требует целенаправленного устранения.

Не менее актуальным патогеном является *Flavobacterium psychrophilum* (тип *Bacteroidota*, класс *Flavobacteriia*) — психрофильная грамотрицательная палочка размером 3–5 мкм, возбудитель «болезни холодной воды» (Bacterial Cold Water Disease, BCWD) и синдрома мальков радужной форели (Rainbow Trout Fry Syndrome, RTFS) [13]. Впервые возбудитель изолирован в 1948 году при гибели кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) в США, с 1980-х годов распространился по всем регионам промышленного разведения лососевых в Европе, включая страны Балтийского и Беломорского бассейнов.

Оптимальная температура роста возбудителя — 15 °C, клиническая манифестация типична при температуре воды ниже 16 °C. Возбудитель обладает выраженной скользящей подвижностью, растёт в виде жёлтых колоний с ризоидными краями на агаре TYES или Cytophaga-агаре спустя 5–7 суток инкубации [14]. Геномный анализ штаммов, представленных в базе NCBI GenBank, демонстрирует значительное межштаммовое разнообразие с выделением нескольких генотипов (GenBank accession NC_009613.1 — референсный геном). Факторы вирулентности включают металлопротеазы (FpP1, FpMMP) и внеклеточные гликозидазы, которые совокупно обусловливают лизис эритроцитов и тканевую деструкцию [15].

Для сиговых рыб (*Coregonus spp.*) зарегистрированы клинически подтверждённые случаи флавобактериоза: в Финляндии возбудитель изолирован от *C. muksun, Perca fluviatilis* и *Rutilus rutilus* в прибрежных хозяйствах Балтийского бассейна [16]. Для арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) установлено, что инфекция *F. psychrophilum* может протекать с преимущественным поражением почек и развитием сепсиса, причём летальность у данного вида при экспериментальном заражении достигает 70 % [18].

Трансмиссия патогена осуществляется как горизонтальным, так и вертикальным путём. Взрослые переболевшие рыбы служат хроническими носителями и источником инфицирования мальков, что создаёт устойчивый инфекционный резервуар в хозяйстве [19]. Выработка антител у вакцинированных рыб была продемонстрирована для инъекционной вакцины против штаммов серотипа Fd, однако перекрестная протекция против гетерологичных штаммов остается ограниченной [20]. В России коммерческих вакцин против *F. psychrophilum* не зарегистрировано — в отличие от ряда европейских стран, где экспериментальные иммунопрофилактические препараты уже проходят доклинические испытания.

Не менее значимым в Северо-Западном регионе является возбудитель болезни красного рта или энтерической краснухи лососевых (Enteric Redmouth Disease, ERM) — *Yersinia ruckeri* — грамотрицательная энтеробактерия (тип *Proteobacteria*, семейство *Yersiniaceae*). Впервые описана у радужной форели в США в 1950-х годах, к настоящему времени распространена в рыбоводческих хозяйствах Европы, Северной и Южной Америки, Ближнего Востока, Китая [21]. Геном Y. ruckeri размером 3,7 Мб содержит 3406—3530 кодирующих последовательностей (GenBank CP013682.1 — референсный геном штамма 150, изолированного от радужной форели).

Молекулярные детерминанты вирулентности включают гемолизин YhlA и металлопротеазу Yrp1 — ключевые факторы тканевой инвазии и уклонения от иммунного ответа хозяина [22]. Возбудитель проникает в организм рыбы преимущественно через вторичные жаберные ламеллы и диссеминирует через кровоток во внутренние органы, вызывая геморрагическую септицемию с характерными кровоизлияниями в ротовой полости и вокруг глаз, экзофтальмом и воспалением кишечника [23]. Классификация *Y. ruckeri* включает четыре серотипа O (O1–O4) и два биотипа (биотип 1 — подвижный, биотип 2 — неподвижный); большинство эпизоотий в хозяйствах связано со штаммами серотипа O1, биотипа 1. Однако рост числа вспышек у вакцинированных рыб свидетельствует об экспансии биотипа 2, против которого стандартные вакцины менее эффективны [24].

Данные о воспри имчивости сиговых и гольцовых рыб к Y. ruckeri в литературе ограничены, однако имеющиеся сведения указывают на то, что патоген способен инфицировать широкий круг видов рыб включая хариуса (*Thymallus thymallus*) и щуку (*Esox lucius*) при стрессовых условиях содержания [25]. Потенциальный риск для хозяйств, совмещающих разведение радужной форели и сиговых видов, состоит в том, что последние могут поддерживать субклиническое носительство, не проявляя выраженной клиники, и служить источником заражения более чувствительных видов лососевых.

Особо значимой нозологической единицей для стран Северо-Западной Европы является бактериальная болезнь почек лососевых (Bacterial Kidney Disease, BKD). Возбудитель заболевания *Renibacterium salmoninarum* (тип *Actinobacteria*, семейство *Micrococcaceae*) — грамположительный, неподвижный, нечленящийся диплобацилл размером 0,3—1,0 × 1,0—1,5 мкм, факультативный внутриклеточный патоген. Впервые *Renibacterium salmoninarum* описан в 1930-х годах в атлантическом лососе на реках Ди и Спей в Шотландии [26]. В настоящее время BKD регистрируется во всех регионах промышленного разведения лососевых.

Ключевым фактором вирулентности у *R. salmoninarum* служит секретируемый иммуносупрессорный белок p57 (продукт гена *msa*), который подавляет пролиферацию лимфоцитов хозяина и блокирует фагоцитарную активность макрофагов [27]. Это позволяет возбудителю длительно персистировать в паренхиматозных органах — прежде всего в почках — с образованием гранулематозных очагов некроза, асцитом и сплено- и гепатомегалией. Биологически значимая особенность R. salmoninarum — крайне медленный рост in vitro (10—12 недель инкубации на среде KDM-2) и нередкое ложноотрицательное бактериологическое исследование, что обусловливает необходимость применения ПЦР для надёжной диагностики.

В Скандинавии установлена высокая чувствительность арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) к BKD. Экспериментальные заражения гольцов в Исландии показали, что клинические признаки заболевания и гибель рыб развивались в течение 6—13 недель после внутрибрюшинной инъекции дозой 5×10^6 КОЕ/рыбу [28]. Это делает *S. alpinus* одним из наиболее уязвимых видов в условиях промышленного рыбоводства. Применительно к Северо-Западной России это особен-

но значимо, поскольку ПЦР-диагностика BKD не стандартизована в российских ветеринарных лабораториях, что повышает риск пропущенного диагноза при рутинном мониторинге. Результаты шведского эпизоотологического обследования дикой ихтиофауны нескольких речных бассейнов зафиксировали наличие *R. salmoninarum* в образцах арктического гольца с визуально наблюдаемыми гранулемами почек [29]. При рассмотрении полных геномов норвежских изолятов *R. salmoninarum* в 2022—2024 годах было установлено, что они представляют собой две генетические близкие группы, связанные с одной эволюционной ветвью, которая в последние годы все шире регистрируется в аквакультурных хозяйствах [30]. Обнаружение эндемических резервуаров в дикой ихтиофауне европейских водных систем — включая *S. alpinus* Исландии — указывает на циркуляцию патогена, независимую от актуальных вспышек в хозяйствах, и на потенциальный риск его заноса в российские водоёмы через мигрирующую рыбу.

Актуальным для рыбоводческих хозяйств Северо-Запада России также представляется *Flavobacterium columnare* (тип *Bacteroidota*) — возбудитель жаберного и кожного флавобактериоза, широко распространенного в пресноводной аквакультуре умеренного климата. Патоген обладает скользящей подвижностью, формирует характерные «стогообразные» колонии с ризоидными краями на агаре Ши, агаре Сюй-Шоттса, агаре Анакера-Ордала. Подразделяется на пять геномоваров (I, I/II, II, II-B и III), различающихся по вирулентности и географическому распространению [31].

Клинически жаберный и кожный флавобактериоз проявляется желтоватыми некротическими очагами на коже (чаще всего в области дорсального плавника и хвостового стебля), жаберными поражениями со снижением газообмена, геморрагиями и язвами. Возбудитель широко инфицирует пресноводных рыб умеренного климата — карпа, карася, угря, лосося, форель, окуня — без выраженной специфичности хозяина [32]. Вспышки флавобактериоза чаще происходят при повышении температуры воды выше 15°C, что особенно актуально для летне-осеннего периода в хозяйствах Ленинградской и Вологодской областей.

Для сиговых видов зарегистрированы коинфекции *F. columnare* с *A. hydrophila*, приводящие к выраженной лимфогематопоэтической депрессии [17]. Сравнительный геномный анализ штаммов *F. columnare* выявил ряд потенциально мобильных генов резистентности, включая детерминанты устойчивости к тетрациклинам и хинолонам, что указывает на участие горизонтального переноса генов в распространении антибиотикорезистентности в аквакультурных системах [33].

Практика антибиотикотерапии (прежде всего тетрациклины, хинолоны, флорфеникол) широко применяется в российской аквакультуре при бактериозах рыб. Нерегулируемое или нерациональное применение антибиотиков создает селективное давление, благоприятствующее аккумуляции и горизонтальному переносу генов резистентности через мобилом (плазмиды, транспозоны, интегроны) [4]. Среди рассматриваемых патогенов мультилекарственная резистентность (MDR) наиболее часто документируется для *A. hydrophila* и *A. salmonicida*: показатели распространённости MDR-изолятов в различных регионах достигают 51,6 % и выше [34].

Для *A. hydrophila* в международных базах данных накоплены данные о вирулентных генах aerA (аэролизин) и hlyA (гемолизин), присутствующих в 80,5 % и 80,1 % клинических изолятов соответственно [35]. Сочетание вирулентных и резистентных фенотипов на уровне одного штамма создаёт наиболее опасный эпидемиологический сценарий. Резистентные изоляты водной среды — независимо от прямой связи с аквакультурными хозяйствами — могут служить резервуаром генов антибиотикорезистентности, доступным для всех бактериальных патогенов рыб и, потенциально, для зоонозных возбудителей [36].

Принципиальной методологической проблемой диагностики рассматриваемых патогенов является их морфологическое и культуральное сходство, а также возможность субклинического носительства. Мультиплексная ПЦР на основе гена 16S рРНК позволит одновременно идентифицировать *A. salmonicida*, *F. psychrophilum* и *Y. ruckeri* с пределами детекции 6, 0,6 и 27 КОЕ/реакцию, соответственно [37].

Перспективным направлением является разработка CRISPR/Cas12a-совместимых диагностических платформ (CRISPR-Dx), обеспечивающих чувствительность уровня ПЦР без необходимости термоциклирования в сочетании с визуальным детектированием результата [38]. Метагеномное секвенирование (eDNA-профилирование) открывает возможности не только для детекции известных патогенов, но и для обнаружения некультивируемых форм и новых потенциальных возбудителей в водных объектах рыбохозяйственного значения [38]. Полногеномное секвенирование (WGS) патогенных изолятов с последующим анализом мобилома и профиля резистентности признаётся золотым стандартом молекулярной эпидемиологии в рыбоводстве [39].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведённый анализ позволяет выделить пять приоритетных бактериальных патогенов пресноводной аквакультуры Северо-Западной России, совокупное воздействие которых определяет эпизоотическую обстановку в отрасли: *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida* (фурункулёз), *Flavobacterium psychrophilum* (болезнь холодной воды), *Yersinia ruckeri* (болезнь красного рта), *Renibacterium salmoninarum* (бактериальная болезнь почек) и *Flavobacterium columnare* (флавобактериоз). Каждый из перечисленных патогенов при стечении неблагоприятных условий (температурный стресс, высокая плотность посадки, иммуносупрессия)

способен вызывать эпизоотии с летальностью до 70—90 % у восприимчивых видов — прежде всего молоди и мальков. Следует учитывать, что сиговые (*Coregonus spp.*) и гольцовые (*Salvelinus spp.*) рыбы, являющиеся приоритетными объектами разведения в Карелии, Ленинградской и Вологодской областях, демонстрируют высокую, зачастую превышающую таковую у радужной форели, восприимчивость к *F. psychrophilum, R. salmoninarum* и *A. salmonicida*. Данные по восприимчивости Coregonus к Y. ruckeri в условиях российских рыбоводных хозяйств не верифицированы ни в одной опубликованной работе — этот вопрос остаётся открытым и требует целенаправленного эпизоотологического мониторинга.

Молекулярно-генетические факторы вирулентности рассматриваемых патогенов (T3SS, гемолизины, металлопротеазы, белок p57 *R. salmoninarum*) обеспечивают уклонение от иммунного ответа хозяина и длительную персистенцию. Геномное разнообразие штаммов, обращающихся в европейских хозяйствах, свидетельствует о продолжающейся эволюции патогенов и возможности реэмергенции высокопатогенных генотипов.

Антибиотикорезистентность бактериальных патогенов аквакультуры носит нарастающий характер; MDR-изоляты с мобильными генами резистентности зарегистрированы для *A. salmonicida*, *A. hydrophila* и *F. columnare*. Это подчёркивает необходимость рационального применения антибиотиков, регулярного мониторинга чувствительности изолятов и развития альтернативных стратегий — вакцинации, пробиотиков, фаготерапии.

Внедрение в практику российских рыбоводных хозяйств мультиплексных ПЦР-панелей, охватывающих приоритетные патогены, полногеномное секвенирование клинических изолятов и регулярный надзор за резистомом водной среды методами метагеномики является неотложной задачей для обеспечения биобезопасности отрасли.

PARTICULARLY DANGEROUS BACTERIAL PATHOGENS IN FRESHWATER INDUSTRIAL FISH FARMING IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

Plemyashov K. V. — D. Sc. (Veterinary Science), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector (ORCID 0000-0002-3658-5886); **Krutikova A. A.*** – Ph.D. (Biology), Assoc. Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnology (ORCID 0000-0003-2561-145x); **Kostromin E. A.,** PhD. (Biology), Assoc. Professor, Department of Aquaculture and Fish Diseases (0000-0002-1242-8392); **Kuznetsova T. Sh**. — Ph.D. (Biology), Assoc. Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnology (ORCID 0000-0002-8981-0696).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*anntim2575@mail.ru.

ABSTRACT. *Freshwater aquaculture in northwestern Russia, including the Republic of Karelia and the Leningrad, Vologda, and Murmansk regions, primarily specializes in the farming of salmonids (Salmo, Oncorhynchus, Salvelinus) and whitefish (Coregonus). With production intensifying, the natural properties of water bodies changing, and the region's unique hydroclimatic conditions, bacterial infections are becoming the most widespread and economically significant threat to the industry. The aim of this study is to systematically analyze current data from international genetic databases on the etiology and molecular genetic mechanisms of virulence, as well as to analyze scientific publications on the epidemiology and economic significance of leading bacterial pathogens in freshwater aquaculture in northwestern Russia. A systematic analysis of genetic databases (NCBI GenBank, UniProt) on leading bacterial pathogens in freshwater aquaculture under cold-water fish farming conditions was conducted. The most dangerous nosologies are considered, such as salmon furunculosis (Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida), cold-water disease (Flavobacterium psychrophilum), red mouth disease (Yersinia ruckeri), bacterial kidney disease (Renibacterium salmoninarum), and columnaris (Flavobacterium columnare). The molecular genetic determinants of virulence for each pathogen are examined, including the type III (T3SS) and type VI (T6SS) secretion systems, the main toxins, and adhesion factors. The increasing role of antibiotic resistance, including horizontal transfer of resistance genes, as a systemic threat in the context of the One Health concept is demonstrated. A conclusion is drawn regarding the need to introduce multiplex molecular diagnostics, regular genomic surveillance of circulating strains, and improved biosecurity on fish farms into domestic practice.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Shinn A.P. et al. Economic costs of freshwater fish diseases // Journal of Fish Diseases. — 2015. — Vol. 38. — P. 1—10. DOI: 10.1111/jfd.12244.

2. Maezono Y. et al. The current state of knowledge of the economic impact of diseases in global aquaculture // Reviews in Aquaculture. — 2025. DOI: 10.1111/raq.70039. DOI: 10.1111/raq.70039.

REFERENCES

1. Shinn A.P. et al. Economic costs of freshwater fish diseases // Journal of Fish Diseases. — 2015. — Vol. 38. — P. 1—10. DOI: 10.1111/jfd.12244.

2. Maezono Y. et al. The current state of knowledge of the economic impact of diseases in global aquaculture // Reviews in Aquaculture. — 2025. DOI: 10.1111/raq.70039. DOI: 10.1111/raq.70039.

3. Ahmed I. et al. An overview on understanding the major bacterial fish diseases in freshwater salmonids // Frontiers in Aquaculture. — 2025. — Vol. 4. — Art. 1515831. DOI: 10.3389/faquc.2025.1515831.

4. Rodgers C. J. et al. Antimicrobial resistance in aquaculture: risk mitigation within the One Health context // Pathogens. — 2024. — Vol. 13. DOI: 10.3390/pathogens13060501.

5. Austin B., Austin D. A. Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish. — 6th ed. — Springer, Cham. — 2016. — 653 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32674-0.

6. Vanden Bergh P., Frey J. Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida in the light of its type-three secretion system // Microbial Biotechnology. — 2014. — Vol. 7(5). — P. 381–400. DOI: 10.1111/1751-7915.12091.

7. Dallaire-Dufresne S., Tanaka K. H. et al. Virulence, genomic features, and plasticity of Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, the causative agent of fish furunculosis // Veterinary Microbiology. — 2014. — Vol. 169(1-2). — P. 1—7. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.06.025.

8. Vincent A.T. et al. The Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida exoproteome: global analysis, moonlighting proteins and putative antigens for vaccination against furunculosis // Proteomics. — 2013. — Vol. 13. — P. 3101—3116. DOI: 10.1002/pmic.201200577.

9. Charette S.J. et al. Genomic perspectives on Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida strain 890054 as a model system for pathogenicity studies and mitigation of fish infections // Frontiers in Marine Science. — 2021. — Vol. 8. — Art. 744052. DOI: 10.3389/fmars.2021.744052.

10. Bader C. et al. The Power of Preventive Protection: Effects of Vaccination Strategies on Furunculosis Resistance in Large-Scale Aquaculture of Maraena Whitefish // Fishes. — 2025. — Vol. 10(8). — Art. 374. DOI: 10.3390/fishes10080374.

11. Desmecht S. et al. Genomic and virulence insights of Western European Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida and development of Galleria mellonella infection assay // Journal of Applied Microbiology. — 2025. — Vol. 136(8). — Art. lxaf193. DOI: 10.1093/jambio/lxaf193.

12. Godoy M. et al. Genomics of Re-Emergent Aeromonas salmonicida in Atlantic Salmon Outbreaks // Microorganisms. — 2024. — Vol. 12(1). — Art. 64. DOI: 10.3390/microorganisms12010064.

13. Starliper C. E. Bacterial coldwater disease of fishes caused by Flavobacterium psychrophilum //Journal of Advanced Research. — 2011. — Vol. 2. — №. 2. — P. 97—108. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2010.01224.x.

14. Ciulli S. et al. First detection of Flavobacterium psychrophilum in juvenile Siberian sturgeons (Acipenser baerii) and description of the pathological findings // Journal of Fish Diseases. — 2023. — Vol. 46. — P. 887—894. DOI: 10.1111/jfd.13801.

15. Castillo D. et al. Comparative genome analysis provides insights into the pathogenicity of Flavobacterium psychrophilum // PLOS ONE. — 2016. — Vol. 11. — Art. e0152515. DOI: 10.1371/journal.pone.0152515.

16. Starliper C. E. Bacterial coldwater disease of fishes caused by Flavobacterium psychrophilum // Journal of Advanced Research. — 2011. — Vol. 2(2). — P. 97—108. DOI: 10.1016/j.jare.2010.04.001.

17. Scott M., Bollinger T. Coinfection with Flavobacterium columnare and Aeromonas hydrophila in lake whitefish

3. Ahmed I. et al. An overview on understanding the major bacterial fish diseases in freshwater salmonids // Frontiers in Aquaculture. — 2025. — Vol. 4. — Art. 1515831. DOI: 10.3389/faquc.2025.1515831.

4. Rodgers C. J. et al. Antimicrobial resistance in aquaculture: risk mitigation within the One Health context // Pathogens. — 2024. — Vol. 13. DOI: 10.3390/pathogens13060501.

5. Austin B., Austin D. A. Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish. — 6th ed. — Springer, Cham. — 2016. — 653 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32674-0.

6. Vanden Bergh P., Frey J. Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida in the light of its type-three secretion system // Microbial Biotechnology. — 2014. — Vol. 7(5). — P. 381–400. DOI: 10.1111/1751-7915.12091.

7. Dallaire-Dufresne S., Tanaka K. H. et al. Virulence, genomic features, and plasticity of Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, the causative agent of fish furunculosis // Veterinary Microbiology. — 2014. — Vol. 169(1-2). — P. 1—7. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.06.025.

8. Vincent A.T. et al. The Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida exoproteome: global analysis, moonlighting proteins and putative antigens for vaccination against furunculosis // Proteomics. — 2013. — Vol. 13. — P. 3101—3116. DOI: 10.1002/pmic.201200577.

9. Charette S.J. et al. Genomic perspectives on Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida strain 890054 as a model system for pathogenicity studies and mitigation of fish infections // Frontiers in Marine Science. — 2021. — Vol. 8. — Art. 744052. DOI: 10.3389/fmars.2021.744052.

10. Bader C. et al. The Power of Preventive Protection: Effects of Vaccination Strategies on Furunculosis Resistance in Large-Scale Aquaculture of Maraena Whitefish // Fishes. — 2025. — Vol. 10(8). — Art. 374. DOI: 10.3390/fishes10080374.

11. Desmecht S. et al. Genomic and virulence insights of Western European Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida and development of Galleria mellonella infection assay // Journal of Applied Microbiology. — 2025. — Vol. 136(8). — Art. lxaf193. DOI: 10.1093/jambio/lxaf193.

12. Godoy M. et al. Genomics of Re-Emergent Aeromonas salmonicida in Atlantic Salmon Outbreaks // Microorganisms. — 2024. — Vol. 12(1). — Art. 64. DOI: 10.3390/microorganisms12010064.

13. Starliper C. E. Bacterial coldwater disease of fishes caused by Flavobacterium psychrophilum //Journal of Advanced Research. — 2011. — Vol. 2. — №. 2. — P. 97—108. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2010.01224.x.

14. Ciulli S. et al. First detection of Flavobacterium psychrophilum in juvenile Siberian sturgeons (Acipenser baerii) and description of the pathological findings // Journal of Fish Diseases. — 2023. — Vol. 46. — P. 887—894. DOI: 10.1111/jfd.13801.

15. Castillo D. et al. Comparative genome analysis provides insights into the pathogenicity of Flavobacterium psychrophilum // PLOS ONE. — 2016. — Vol. 11. — Art. e0152515. DOI: 10.1371/journal.pone.0152515.

16. Starliper C. E. Bacterial coldwater disease of fishes caused by Flavobacterium psychrophilum // Journal of Advanced Research. — 2011. — Vol. 2(2). — P. 97—108. DOI: 10.1016/j.jare.2010.04.001.

17. Scott M., Bollinger T. Coinfection with Flavobacterium columnare and Aeromonas hydrophila in lake whitefish

(Coregonus clupeaformis) and yellow perch (Perca flavascens) // Journal of Wildlife Diseases. — 2014. — Vol. 50. — P. 442—446.

18. Nematollahi A., Decostere A., Pasmans F., Haesebrouck F. Flavobacterium psychrophilum infections in salmonid fish // Journal of Fish Diseases. — 2003. — Vol. 26. — No. 10. — P. 563—574. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2003.00488.x.

19. Marana M. H. et al. Flavobacterium psychrophilum: Response of Vaccinated Large Rainbow Trout to Different Strains // Biology. — 2022. — Vol. 11. — Art. 1701. DOI: 10.3390/biology11121701.

20. Lorenzen E. et al. Flavobacterium psychrophilum vaccination strategies in rainbow trout // Diseases of Aquatic Organisms. — 2010. — Vol. 88. — P. 167—179. DOI: 10.3354/dao02179.

21. Kumar G. et al. Yersinia ruckeri, the causative agent of enteric redmouth disease in fish // Veterinary Research. — 2015. — Vol. 46. — Art. 103. DOI: 10.1186/s13567-015-0238-4.

22. Fàbrega A. et al. Overcoming fish defences: the virulence factors of Yersinia ruckeri // Genes. — 2019. — Vol. 10. — Art. 700. DOI: 10.3390/genes10090700.

23. Tobback E. et al. The infection process of Yersinia ruckeri: reviewing the pieces of the jigsaw puzzle // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. — 2018. — Vol. 8. — Art. 370. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00370.

24. Cascales D. et al. Genome sequence of the fish pathogen Yersinia ruckeri strain 150, isolated from diseased rainbow trout // Genome Announcements. — 2016. — Vol. 4. — Art. e01331-16. DOI: 10.1128/genomeA.01331-16.

25. Pajdak-Czaus J., Platt-Samoraj A., Szweda W., Siwicki A.K., Terech-Majewska E. Yersinia ruckeri — A threat not only to rainbow trout // Aquaculture Research. — 2019. — Vol. 50(11). — P. 3083–3096. DOI: 10.1111/are.14274.

26. Evenden A.J. et al. Renibacterium salmoninarum — the causative agent of bacterial kidney disease in salmonid fish // Pathogens. — 2020. — Vol. 9. — Art. 916. DOI: 10.3390/pathogens9110916.

27. Aguilar M. et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from Renibacterium salmoninarum: characteristics in virulence patterns // Microbial Pathogenesis. — 2023. — Vol. 174. — Art. 105932. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105932.

28. Gudmundsdóttir S. et al. Experimental challenges with Renibacterium salmoninarum in Arctic charr Salvelinus alpinus // Diseases of Aquatic Organisms. — 2017. — Vol. 124. — P. 1—12. DOI: 10.3354/dao03107.

29. Sundberg L. et al. Assessing the presence and spread of Renibacterium salmoninarum between farmed and wild fish in Sweden // Journal of Fish Diseases. — 2022. — Vol. 45. — P. 613—621. DOI: 10.1111/jfd.13586.

30. Nunn F. et al. Whole-genome sequencing reveals a novel Renibacterium salmoninarum lineage and suggests geographic endemism combined with anthropogenic spread in the North-East Atlantic area // Applied and Environmental Microbiology. — 2026. DOI: 10.1128/aem.00347-26.

31. Kunttu H.M.T. et al. Comparative genomics of Flavobacterium columnare unveils novel insights in virulence and antimicrobial resistance mechanisms // BMC Genomics. — 2021. — Vol. 22. — Art. 116. DOI: 10.1186/s12864-021-07406-3.

32. Sahoo P. K. et al. Bacterial diseases in freshwater fish // Aquatic Animal Health Management. — Springer,

(Coregonus clupeaformis) and yellow perch (Perca flavascens) // Journal of Wildlife Diseases. — 2014. — Vol. 50. — P. 442—446.

18. Nematollahi A., Decostere A., Pasmans F., Haesebrouck F. Flavobacterium psychrophilum infections in salmonid fish // Journal of Fish Diseases. — 2003. — Vol. 26. — No. 10. — P. 563—574. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2003.00488.x.

19. Marana M. H. et al. Flavobacterium psychrophilum: Response of Vaccinated Large Rainbow Trout to Different Strains // Biology. — 2022. — Vol. 11. — Art. 1701. DOI: 10.3390/biology11121701.

20. Lorenzen E. et al. Flavobacterium psychrophilum vaccination strategies in rainbow trout // Diseases of Aquatic Organisms. — 2010. — Vol. 88. — P. 167—179. DOI: 10.3354/dao02179.

21. Kumar G. et al. Yersinia ruckeri, the causative agent of enteric redmouth disease in fish // Veterinary Research. — 2015. — Vol. 46. — Art. 103. DOI: 10.1186/s13567-015-0238-4.

22. Fàbrega A. et al. Overcoming fish defences: the virulence factors of Yersinia ruckeri // Genes. — 2019. — Vol. 10. — Art. 700. DOI: 10.3390/genes10090700.

23. Tobback E. et al. The infection process of Yersinia ruckeri: reviewing the pieces of the jigsaw puzzle // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. — 2018. — Vol. 8. — Art. 370. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00370.

24. Cascales D. et al. Genome sequence of the fish pathogen Yersinia ruckeri strain 150, isolated from diseased rainbow trout // Genome Announcements. — 2016. — Vol. 4. — Art. e01331-16. DOI: 10.1128/genomeA.01331-16.

25. Pajdak-Czaus J., Platt-Samoraj A., Szweda W., Siwicki A.K., Terech-Majewska E. Yersinia ruckeri — A threat not only to rainbow trout // Aquaculture Research. — 2019. — Vol. 50(11). — P. 3083–3096. DOI: 10.1111/are.14274.

26. Evenden A.J. et al. Renibacterium salmoninarum — the causative agent of bacterial kidney disease in salmonid fish // Pathogens. — 2020. — Vol. 9. — Art. 916. DOI: 10.3390/pathogens9110916.

27. Aguilar M. et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from Renibacterium salmoninarum: characteristics in virulence patterns // Microbial Pathogenesis. — 2023. — Vol. 174. — Art. 105932. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105932.

28. Gudmundsdóttir S. et al. Experimental challenges with Renibacterium salmoninarum in Arctic charr Salvelinus alpinus // Diseases of Aquatic Organisms. — 2017.- Vol. 124. — P. 1—12. DOI: 10.3354/dao03107.

29. Sundberg L. et al. Assessing the presence and spread of Renibacterium salmoninarum between farmed and wild fish in Sweden // Journal of Fish Diseases. — 2022. — Vol. 45. — P. 613—621. DOI: 10.1111/jfd.13586.

30. Nunn F. et al. Whole-genome sequencing reveals a novel Renibacterium salmoninarum lineage and suggests geographic endemism combined with anthropogenic spread in the North-East Atlantic area // Applied and Environmental Microbiology. — 2026. DOI: 10.1128/aem.00347-26.

31. Kunttu H.M.T. et al. Comparative genomics of Flavobacterium columnare unveils novel insights in virulence and antimicrobial resistance mechanisms // BMC Genomics. — 2021. — Vol. 22. — Art. 116. DOI: 10.1186/s12864-021-07406-3.

32. Sahoo P. K. et al. Bacterial diseases in freshwater fish // Aquatic Animal Health Management. — Springer,

Singapore, 2025. DOI: 10.1007/978-981-96-7987-4_1.

33. Kumru S. et al. Current trends in approaches to prevent and control antimicrobial resistance in aquatic veterinary medicine // Pathogens. — 2025. — Vol. 14. — Art. 701. DOI: 10.3390/pathogens14070701.

34. Nhinh D. T. et al. Prevalence, virulence gene distribution and alarming the multidrug resistance of Aeromonas hydrophila associated with disease outbreaks in freshwater aquaculture // Antibiotics. — 2021. — Vol. 10. — Art. 532. DOI: 10.3390/antibiotics10050532.

35. Shabana S.M. et al. Characterization of Aeromonas hydrophila isolated from freshwater fish with control trial // Scientific Reports. — 2025. — Vol. 15. DOI: 10.1038/s41598-025-19907-6.

36. Syanya C.O. et al. Fish pathogens and associated zoonotic risks in aquaculture: a global One Health perspective // Aquaculture, Fish and Fisheries. — 2025. DOI: 10.1002/aff2.70150.

37. Gibello A. et al. Simultaneous detection of Aeromonas salmonicida, Flavobacterium psychrophilum, and Yersinia ruckeri, three major fish pathogens, by multiplex PCR // Applied and Environmental Microbiology. — 2002. — Vol. 68. — P. 5177—5180. DOI: 10.1128/AEM.68.10.5177-5180.2002.

38. Rieder R. et al. The future of pathogen detection in aquaculture: miniature labs, field-compatible assays, environmental DNA and RNA, CRISPR and metatranscriptomics // Aquaculture, Fish and Fisheries. — 2025. DOI: 10.1002/aff2.70062.

39. Sheppard S.K. et al. The promise of whole genome pathogen sequencing for the molecular epidemiology of emerging aquaculture pathogens // Pathogens and Disease. — 2017. — Vol. 75. — Art. ftx017. DOI: 10.1093/femspd/ftx017.

Singapore, 2025. DOI: 10.1007/978-981-96-7987-4_1.

33. Kumru S. et al. Current trends in approaches to prevent and control antimicrobial resistance in aquatic veterinary medicine // Pathogens. — 2025. — Vol. 14. — Art. 701. DOI: 10.3390/pathogens14070701.

34. Nhinh D. T. et al. Prevalence, virulence gene distribution and alarming the multidrug resistance of Aeromonas hydrophila associated with disease outbreaks in freshwater aquaculture // Antibiotics. — 2021. — Vol. 10. — Art. 532. DOI: 10.3390/antibiotics10050532.

35. Shabana S.M. et al. Characterization of Aeromonas hydrophila isolated from freshwater fish with control trial // Scientific Reports. — 2025. — Vol. 15. DOI: 10.1038/s41598-025-19907-6.

36. Syanya C.O. et al. Fish pathogens and associated zoonotic risks in aquaculture: a global One Health perspective // Aquaculture, Fish and Fisheries. — 2025. DOI: 10.1002/aff2.70150.

37. Gibello A. et al. Simultaneous detection of Aeromonas salmonicida, Flavobacterium psychrophilum, and Yersinia ruckeri, three major fish pathogens, by multiplex PCR // Applied and Environmental Microbiology. — 2002. — Vol. 68. — P. 5177—5180. DOI: 10.1128/AEM.68.10.5177-5180.2002.

38. Rieder R. et al. The future of pathogen detection in aquaculture: miniature labs, field-compatible assays, environmental DNA and RNA, CRISPR and metatranscriptomics // Aquaculture, Fish and Fisheries. — 2025. DOI: 10.1002/aff2.70062.

39. Sheppard S.K. et al. The promise of whole genome pathogen sequencing for the molecular epidemiology of emerging aquaculture pathogens // Pathogens and Disease. — 2017. — Vol. 75. — Art. ftx017. DOI: 10.1093/femspd/ftx017.

УДК: 619.616.98:616.95:616
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.26

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНОЙ ЛЕЙКЕМИИ И ИММУНОДЕФИЦИТА У КОШЕК

Говорова М. В. — ветеринарный врач ООО «ЛАБВЕТ-РЕГИОН»; **Шахова В. Н.** — д-р биол. наук, доц., проф. каф. терапии и фармакологии (ORCID 0000-0003-3999-5362); **Беляев В. А.** — д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. терапии и фармакологии (0000-0001-7454-8472); **Данников С. П.** — д-р биол. наук, доц., проф. кафедры физиологии, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-9839-3310); **Ожередова Н. А.** — д-р ветеринар. наук, проф., зав. базовой каф. эпизоотологии и микробиологии (ORCID 0000-0002-1939-5925); **Квочко А. Н.** * — д-р биол. наук, проф., зав. каф. физиологии, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0003-4445-7638).

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

* kvochko@yandex.ru.

Ключевые слова: *ретровирус, вирусная лейкемия кошек, тропизм, иммуносупрессия, вирус иммунодефицита.*

Key words: *retrovirus, feline leukemia virus, tropism, immunosuppression, human immunodeficiency virus.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Вирус лейкоза кошек представляет собой экзогенный патоген, способный к репликации в широком спектре тканей, включая костный мозг, слюнные железы и респираторный эпителий. При отсутствии адекватного иммунного ответа после первичного инфицирования, патоген мигрирует в костный мозг, где происходит инвазия гемопоэтических клеток-предшественников. Данный вирус относится к наиболее агрессивным ретровирусам семейства кошачьих и провоцирует больше клинических проявлений, чем любой другой патоген, является главной причиной иммунодефицита, онкологических процессов и гибели домашних питомцев. Этот вирусный агент представляет значительный интерес, так как отличается многообразием трудно диагностируемых форм, отсутствием средств, воздействующих непосредственно на причину, и сложностью управления ходом болезни. Цель исследования — проведение ретроспективного анализа распространения вирусной лейкемии и иммунодефицита у кошек. Собраны данные за 2024 и 2025 гг. по образцам крови кошек, разных возрастов и пород. Методом ПЦР-диагностики осуществлялось выявление вируса лейкемии (по РНК и ДНК) и вируса иммунодефицита (ДНК) кошачьих. Мы отметили превалирование количества зарегистрированных случаев у животных до года, от одного года до двух лет и старше 7 лет. За два года наиболее распространенные случаи вирусной лейкемии кошек, содержащей ДНК и РНК (93/75), вируса иммунодефицита кошек (49/48), а также ассоциированной инфекции (ВЛК, содержащая ДНК и РНК и ВИК) (21/19). Породной предрасположенности к рассматриваемым инфекционным заболеваниям не регистрировалось. Преобладание кошек британской и шотландской пород в исследовании объясняется заинтересованностью хозяев в определенной породе и состоянии здоровья животных.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В ветеринарной практике выделяют два серьезных вирусных заболевания семейства кошачьих — вирусный лейкоз (FeLV) и вирусный иммунодефицит (FIV). Корреляция между ними проявляется в нескольких аспектах, таких как:

- ассоциированная инфекция. По данным исследований, доля кошек, зараженных как FeLV, так и FIV составляет около 8 %;

- схожие пути передачи и группы риска. Основной путь передачи контактный и трансплацентарный;

- иммуносупрессия. Оба заболевания поражают иммунную систему, но независимо друг от друга [1, 2].

Вирусная лейкемия кошек (ВЛК) — (*Feline Leukemia Virus, FeLV*) — это ретровирусная инфекция, поражающая домашних кошек (Felis catus) и некоторые виды диких кошачьих. Впервые вирус был описан в 1964 году Уильямом Джарреттом и его коллегами в Университете Глазго (Шотландия), что стало поворотным моментом в понимании онкогенной природы вирусов у животных [1].

Возбудитель ВЛК относится к семейству *Retroviridae*, подсемейству *Orthoretrovirinae*, роду *Gammaretrovirus*. Это оболочечный РНК-содержащий вирус, геном которого представлен одноцепочечной РНК. Ключевой особенностью ретровирусов является наличие фермента обратной транскриптазы, позволяющей синтезировать ДНК на матрице вирусной РНК и встраивать её (в форме провируса) в геном клетки-хозяина. Это делает полную элиминацию вируса из организма невозможной [3].

Выделяют четыре основные подгруппы вируса, различающиеся по тропизму и патогенетическому эффекту:

1. *FeLV-A* — это основная и наиболее распространённая подгруппа вируса лейкемии кошек, которая встречается у всех инфицированных жи-

вотных. Именно FeLV-A служит «базой» для возникновения других, более патогенных вариантов вируса (например, FeLV-B, FeLV-C) в результате мутаций и рекомбинаций в организме кошки.

FeLV-A проникает в клетки кошки через специфический клеточный рецептор — транспортер тиамина (THTR1), который широко представлен в различных тканях. Это обеспечивает вирусу возможность инфицировать множество типов клеток, особенно клетки иммунной системы и кроветворения. После проникновения в клетку вирус использует обратную транскриптазу для преобразования своей РНК в ДНК, которая интегрируется в геном клетки-хозяина. Это приводит к пожизненной персистенции вируса в организме. Вирус размножается в клетках миндалин, лимфоузлов, а затем попадает в костный мозг, где инфицирует предшественники клеток крови. Это вызывает виремию — циркуляцию вируса в крови и его выделение во внешнюю среду (особенно со слюной). Обладает выраженными иммуносупрессивными свойствами, поражая прежде всего Т-лимфоциты и другие клетки иммунной системы. Это приводит к угнетению иммунного ответа, развитию вторичных инфекций, анемии, опухолей и других тяжёлых осложнений [2, 4].

2. *FeLV-B* — возникает в результате рекомбинации между вирусом подгруппы «А» и эндогенными ретровирусными последовательностями в геноме кошки. В отличие от FeLV-A, который отвечает за горизонтальную передачу инфекции между кошками, FeLV-B не передается естественным путем, а формируется уже в организме инфицированной кошки.

FeLV-B использует для проникновения в клетки рецепторы Pit1 и Pit2 (натрий-зависимые фосфатные транспортёры типа III, которые играют ключевую роль в поддержании гомеостаза фосфатов в клетках, также известны как рецепторы для некоторых ретровирусов). Подгруппа B появляется в результате рекомбинации генома FeLV-A с клеточными или эндогенными ретровирусными последовательностями. Это делает FeLV-B более патогенным по сравнению с FeLV-A [4, 5].

Выявляется примерно у половины кошек с диагнозом вирусной лейкемии и характеризуется более агрессивным течением болезни, быстрым развитием опухолей и ухудшением прогноза. Это ключевой фактор онкогенности при вирусной лейкемии кошек, усиливающий риск злокачественных новообразований и ухудшающий исход заболевания.

3. *FeLV-C* — это подгруппа вируса лейкоза кошек, которая формируется в организме уже инфицированной кошки в результате мутации или рекомбинации из подгруппы FeLV-A. В отличие от FeLV-A, FeLV-C не передаётся горизонтально (от кошки к кошке) в естественных условиях, возможна передача от кошки к котёнку (трансплацентарно или через молоко), если у матери присутствует FeLV-C, крайне редкое явление, так как сама подгруппа встречается у очень небольшого процента кошек. Не является самостоятельной эпидемической угрозой, так как не распространяется среди кошек, но может усугублять течение болезни у уже инфицированных животных, приводя к тяжёлым анемиям и другим осложнениям [6, 7].

4. *FeLV-T* — это подгруппа вируса лейкоза кошек, которая поражает Т-лимфоциты, что приводит к выраженному иммунодефициту у животных. Передача FeLV-T происходит так же, как и у других подгрупп вируса лейкоза кошек: контактный, трансплацентарно (вертикально), гемоконтактно.

Встречается крайне редко, но его передача и патогенез аналогичны другим подгруппам FeLV. Вирус неустойчив во внешней среде и быстро погибает вне организма хозяина, поэтому основной путь заражения — тесный контакт между кошками [3, 8].

Выделяют три формы течения заболевания:

- Абортивная форма – иммунитет полностью уничтожает вирус до того, как тот успевает встроиться в геном. У таких животных вырабатываются антитела.

- Регрессирующая инфекция — иммунный ответ частично сдерживает вирус. После первичного заражения вирусемия может быть временной, но затем становится неопределяемой стандартными тестами. Вирусная ДНК (провирус) при этом встраивается в геном клеток. Животные с данной формой заболевания не выделяют вирус (за исключением переливания крови). Вирус остается в организме и может реактивироваться при ослаблении иммунитета.

- Прогрессирующая инфекция — наиболее тяжелая форма, при которой иммунная система не способна сдержать размножение вируса. Вирус активно реплицируется в лимфоидных тканях, затем проникает в костный мозг и разносится по всему организму [1, 7].

Вирус иммунодефицита кошек (ВИК) — FIV (*Feline Immunodeficiency Virus*) - хроническое инфекционное заболевание, которое поражает иммунную и нервную системы животного, а также красный костный мозг. Вирус относится к роду *Lentivirus* семейства *Retroviridae*. Вирус встраивается в ДНК клеток организма, что приводит к пожизненному носительству. Во внешней среде возбудитель малоустойчив, легко уничтожается под воздействием прямых солнечных лучей, при нагревании или обработке обычными дезинфицирующими средствами [6].

Вирус впервые был выделен и описан у домашних кошек в 1986 году в питомнике Северной Калифорнии. На основе генетического анализа вирус иммунодефицита кошек подразделяется на несколько подтипов (A, B, C, D, E), а также рекомбинантные формы, которые возникают при смещении генетического материала разных подтипов у одной кошки [1, 2].

Заболевание принято делить на три основные фазы:

- Острая фаза (первичная инфекция), наступает после заражения через несколько недель.

- Скрытая фаза. Самая продолжительная стадия, длительность до многих лет.

- Терминальная фаза (стадия СПИДа). Организм животного становится уязвимым для вторичных инфекций.

Целью исследования явилось проведение ретроспективного анализа распространения вирусной лейкемии и иммунодефицита у кошек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование опиралось на аналитический и статистический подходы. Были отобраны и проанализированы результаты проведенных исследований по городу Ставрополь, выполняющиеся в одном из филиалов сети ветеринарных лабораторий ВЕТЛАБ. Собраны данные за период 2024—2025 гг. В течение этого времени проводились исследования образцов крови кошек, отобранных у животных различных возрастов и пород. Методом ПЦР-диагностики осуществлялось выявление вируса лейкемии (по РНК и ДНК) и вируса иммунодефицита (ДНК) кошачьих.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. При исследовании образцов крови кошек за 2024—2025 гг. с целью диагностики вирусной лейкемии и иммунодефицита, мы отметили превалирование количества зарегистрированных случаев у животных до года, от одного года до двух лет и старше 7 лет (рис. 1, 2).

Наличие в крови ДНК вирусной лейкемии кошек (ВЛК) за 2024 год регистрировалось в 20 случаях, РНК ВЛК в 21 случае, сочетание ВЛК ДНК и РНК в 93 случаях, ассоциированная инфекция (ВЛК и ВИК) в 21 случае, вирус иммунодефицита кошек (ВИК) в 49 случаях, наличие только ВЛК РНК+ВИК-1, ВЛК ДНК+ВИК-2, отрицательных результатов-468 (табл.1).

Из 675 обследованных кошек за 2024 год самцов — 62%, самок — 38%, при этом 126 кастрированных животных от общего числа.

Породы кошек, участвовавшие в исследовании: британская короткошёрстная — 23 животных, шотландская вислоухая — 23, сфинкс — 16, мейн-кун — 8, абиссинская — 7, сибирская — 5, бенгальская — 4, персидская — 3, сиамская — 3, курильский бобтейл — 2, бурманская — 2, тайская — 2, невский маскарад — 2, по одному случаю: рагамаффин, корниш рекс, хайленд страйт, лигой, ориентал, золотая шиншилла, остальные животные были метисами.

Наличие в крови ДНК вирусной лейкемии кошек (ВЛК) за 2025 год регистрировалось в 12 случаях, РНК ВЛК в 30 случаях, сочетание ВЛК ДНК и РНК в 75 случаях, ассоциированная инфекция (ВЛК и ВИК) в 19 случаях, вирус иммунодефицита кошек (ВИК) в 48 случаях, наличие только ВЛК РНК+ВИК-2, ВЛК ДНК+ВИК-3, отрицательных результатов-424 (табл. 2).

Таким образом, из полученных образцов крови кошек за два года наиболее распространенными являются случаи вирусной лейкемии кошек, содержащей ДНК и РНК (93/75), вируса иммунодефицита кошек (49/48), а также ассоциированной инфекции (ВЛК, содержащая ДНК и РНК и ВИК) (21/19).

Из 613 обследованных кошек за 2025 год самцов — 60%, самок — 40%, при этом 138 кастрированных животных от общего числа.

Породы кошек, участвовавшие в исследовании: шотландская вислоухая — 24 животных, британская короткошёрстная — 23, мейн-кун — 10, сфинкс — 8, абиссинская — 6, бенгальская – 3, тайская — 3, золотая шиншилла — 3, по одному случаю: сибирская, регдолл, экзотическая, чаузи, хайленд страйт, сноу-шу, сиамская, невон рекс, невская маскарадная, саванна, персидская, бурманская, ликой, ориентал, остальные животные были метисами.

Породной предрасположенности к рассматриваемым инфекционным заболеваниям не регистрировалось. Преобладание кошек британской и шотландской пород в исследовании объясняется заинтересованностью хозяев в определенной породе и состоянии здоровья животных.

ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION. Хотя на сегодняшний день создан целый ряд вакцин против данного заболевания, оно по-прежнему лидирует по распространённости среди кошачьих инфекций. На территории Российской Федерации проблема сохраняет актуальность долгие годы, что обусловлено недостаточной информированностью ветеринарных врачей о патологии, отсутствием этиотропной терапии, необходимостью изоляции инфицированных животных, нехваткой статистических сведений о случаях заражения домашних кошек, а также особенностями бытового ухода и менталитетом населения, которые зачастую не видят необходимости в ограничении самовыгула.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Наблюдается превалирование количества зарегистрированных случаев у животных до года, от одного года до двух лет и старше 7 лет.

За два года наиболее распространенные случаи вирусной лейкемии кошек, содержащей ДНК и РНК (93/75), вируса иммунодефицита кошек (49/48), а также ассоциированной инфекции (ВЛК, содержащая ДНК и РНК и ВИК) (21/19).

Породной предрасположенности к рассматриваемым инфекционным заболеваниям не регистрировалось. Преобладание кошек британской и шотландской пород в исследовании объясняется заинтересованностью хозяев в определенной породе и состоянии здоровья животных.

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE SPREAD OF VIRAL LEUKEMIA AND IMMUNODEFICIENCY IN CATS

Govorova M. V. — veterinarian of LABVET-REGION LLC; **Shakhova V. N.** — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Therapy and Pharmacology (ORCID 0000-0003-3999-5362); **Belyaev V. A.** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Therapy and Pharmacology (0000-0001-7454-8472); **Dannikov S. P.** — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0002-9839-3310);

Ozheredova N. A. — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Basic Department of Epizootology and Microbiology (ORCID 0000-0002-1939-5925); **Kvochko A. N.*** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0003-4445-7638).

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Stavropol State Agrarian University.

*kvochko@yandex.ru.

ABSTRACT. *Feline leukemia virus (FLV) is an exogenous pathogen capable of replicating in a wide range of tissues, including bone marrow, salivary glands, and respiratory epithelium. In the absence of an adequate immune response after primary infection, the pathogen migrates to the bone marrow, where it invades hematopoietic progenitor cells. This virus is one of the most aggressive feline retroviruses and causes more clinical manifestations than any other pathogen. It is a leading cause of immunodeficiency, cancer, and death in pets. This viral agent is of significant interest due to its diverse and difficult-to-diagnose forms, the lack of treatments that directly address the underlying cause, and the difficulty of disease management. The objective of this study was to retrospectively analyze the prevalence of FLV and FLV in cats. Data was collected from 2024 and 2025 on blood samples from cats of different ages and breeds. PCR diagnostics were used to detect feline leukemia virus (RNA and DNA) and feline immunodeficiency virus (FIV) DNA. We noted a predominance of cases in animals under one year of age, between one and two years of age, and over seven years of age. Over the two years, the most common cases were feline leukemia virus (FVLV) containing DNA and RNA (93/75), feline immunodeficiency virus (FIV) (49/48), and associated infection (FeLV containing DNA and RNA and FIV) (21/19). No breed predisposition to these infectious diseases was observed. The predominance of British and Scottish cats in the study is explained by owners' interest in a particular breed and the health status of their animals.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вирцер М. А., Огнева А. А. Эпизоотологические данные по возбудителям гемотропных инфекций у кошек по г. Москве на 2015—2016 гг. // Ветеринария и кормление. — 2017. — № 3. — С. 23—24.

2. Burling N. A. Seroprevalences of feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus infection in cats in the United States and Canada and risk factors for seropositivity / A. N. Burling, J. K. Levy, H. M. Scott // Journal of the Americal Veterinary Medical Association. 2017:2:187—194. DOI: 10.2460/javma.251.2.187.

3. Bruyette S. D. Feline Leukemia Virus // Clinical Small Animal Internal Medicine.2020:87:214—232.

4. Cavalcante T. F. L. Clinical and Molecular Features of Feline Foamy Virus and Feline Leukemia Virus Co-Infection in Naturally-Infected Cats / L. T.F. Cavalcante, C. P. Muniz, H. Jia // Viruses.2018:10:702—724. DOI: 10.3390/v10120702.

5. Chui S. E. Multiple Introductions of Domestic Cat Feline Leukemia Virus in Endangered Florida Panthers / E.S. Chiu, S. Kraberger, M. Cunningham // Emerging Infectious Diseases. 2019:25:92—101. DOI: 10.3201/eid2501.181347.

6. Chhetri K. B. Comparison of risk factors for seropositivity to feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus among cats: a case-case study / B. K. Chhetri, O. Berke, D. L. Pearl // BMC Veterinary Research. 2015:11:30—37. DOI: 10.1186/s12917-015-0339-3.

7. Duda C.B. N. Laboratory and clinical findings and their association with viral and proviral loads in cats naturally infected with feline leukemia virus / N. C.B. Duda, L. C. Ortiz, S. F. Valle // Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 2020:71:1—10. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101491.

8. Helfer-Hungerbuehler A.K. Long-term follow up of feline leukemia virus infection and characterization of viral RNA loads using molecular methods in tissues of cats with different infection outcomes / A. K. Helfer-Hungerbuehler, S. Widmer, Y. Kessler // Virus research. 2015:197:137—150. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.12.025.

REFERENCES

1. Virzer M.A., Ogneva A.A. Epizootiological data on the causative agents of hematotropic infections in cats in Moscow in 2015-2016 // Veterinary Medicine and Feeding. 2017:3:23-24. (In Russ.).

2. Burling N. A. Seroprevalences of feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus infection in cats in the United States and Canada and risk factors for seropositivity / A. N. Burling, J. K. Levy, H. M. Scott // Journal of the Americal Veterinary Medical Association. 2017:2:187—194. DOI: 10.2460/javma.251.2.187.

3. Bruyette S. D. Feline Leukemia Virus // Clinical Small Animal Internal Medicine.2020:87:214—232.

4. Cavalcante T. F. L. Clinical and Molecular Features of Feline Foamy Virus and Feline Leukemia Virus Co-Infection in Naturally-Infected Cats / L. T.F. Cavalcante, C. P. Muniz, H. Jia // Viruses.2018:10:702—724. DOI: 10.3390/v10120702.

5. Chui S. E. Multiple Introductions of Domestic Cat Feline Leukemia Virus in Endangered Florida Panthers / E.S. Chiu, S. Kraberger, M. Cunningham // Emerging Infectious Diseases. 2019:25:92—101. DOI: 10.3201/eid2501.181347.

6. Chhetri K. B. Comparison of risk factors for seropositivity to feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus among cats: a case-case study / B. K. Chhetri, O. Berke, D. L. Pearl // BMC Veterinary Research. 2015:11:30—37. DOI: 10.1186/s12917-015-0339-3.

7. Duda C.B. N. Laboratory and clinical findings and their association with viral and proviral loads in cats naturally infected with feline leukemia virus / N. C. B. Duda, L. C. Ortiz, S. F. Valle // Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 2020:71:1—10. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101491.

8. Helfer-Hungerbuehler A.K. Long-term follow up of feline leukemia virus infection and characterization of viral RNA loads using molecular methods in tissues of cats with different infection outcomes / A. K. Helfer-Hungerbuehler, S. Widmer, Y. Kessler // Virus research. 2015:197:137—150. DOI: 10.1016/j.virusres.2014.12.025.

УДК: 619:616.988.27:636.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.30

ПОИСК ИММУНОГЕННЫХ ЭПИТОПОВ В СТРУКТУРЕ МАЖОРНЫХ АНТИГЕНОВ ВИРУСА БОЛЕЗНИ НЬЮКАСЛА

Байрашев Т. А. — мл. науч. сотр., асп. (ORCID 0 009-0009-5673-1535); **Галеева А. Г.** — вед. науч. сотр., канд. ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-2650-6459).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности».

* timurkin2011timur@mail.ru.

Ключевые слова: *болезнь Ньюкасла, иммуногенные эпитопы, биоинформационный анализ, рекомбинантные вакцины.*

Key words: *Newcastle disease, immunogenic epitopes, bioinfor-matic analysis, recombinant vaccines.*

Поступила в редакцию / Received: 17.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Болезнь Ньюкасла (БН) — высококонтагиозное вирусное заболевание птиц, способствующее значительным экономическим потерям в птицеводстве. Традиционные цельновирионные вакцины зачастую не способны обеспечить перекрестно-нейтрализующий иммунитет, что подчеркивает необходимость разработки новых подходов к конструированию новых кандидатных вакцин. Проведение комплексного биоинформационного анализа представителей ВБН является необходимым для достижения таких целей, как создание новых кандидатных вакцин с широким спектром защиты, в том числе DIVA-совместимых, повышение специфичности и чувствительности диагностических средств, а также преодоление проблемы антигенного дрейфа, что позволит оперативно адаптировать состав вакцин и диагностикумов в соответствии с актуальной эпизоотической ситуацией. В данной работе проведен биоинформационный анализ протеомов мажорных антигенов вируса БН (белки F и HN) с целью выявления потенциальных иммуногенных эпитопов. Используя последовательности различных штаммов вируса, циркулирующих на территории России и сопредельных стран, депонированных в базе данных GenBank, были идентифицированы В-клеточные и Т-клеточные эпитопы. Примененные алгоритмы прогнозирования показали, что наибольшей плотностью эпитопов характеризуются участки, связанные с критическими функциями белков, затрагивающих слияние вируса с клеточной мембраной и его распознавание рецепторами хозяев. Полученные данные указывают на высокую потенциальную иммуногенность ряда идентифицированных последовательностей. Данные об эпитопах, их локализация и оценка антигенности служат основой для дальнейших исследований, направленных на создание рекомбинантных вакцин и высокоспецифичных диагностических методов, что является ключом к эффективному контролю распространения БН в популяциях птиц. Настоящее исследование подчеркивает важность целенаправленного подхода к разработке стратегии вакцинопрофилактики в условиях постоянной антигенной эволюции вируса.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Болезнь Ньюкасла (БН) — высококонтагиозное вирусное заболевание птиц, представляющее собой одну из наиболее серьезных экономических угроз для мирового птицеводства и приводящее к массовой заболеваемости и смертности, достигающей 100 % среди восприимчивых популяций. Экономический ущерб от заболевания складывается не только из прямых потерь поголовья, но и из затрат на карантинные мероприятия, программы вакцинации и торговых ограничений [1].

Современная стратегия контроля БН основана на повсеместной вакцинации живыми аттенуированными и инактивированными вакцинами, созданными на основе лентогенных (низковирулентных) штаммов, таких как LaSota и B1 [2]. Несмотря на их доказанную эффективность в снижении клинических проявлений и смертности, традиционные вакцины имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, они не предотвращают инфицирование и последующее выделение вирулентных полевых штаммов вакцинированными птицами, ввиду чего вирус способен продолжать циркулировать в популяции и создавать риск для невакцинированного поголовья [3]. Во-вторых, существует проблема интерференции с материнскими антителами у цыплят, что снижает эффективность ранней вакцинации [4]. Более того, стандартные методы серологической диагностики не позволяют придерживаться стратегии DIVA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals — дифференциация инфицированных и вакцинированных животных), что критически усложняет эпидемиологический надзор и реализацию программ по ликвидации инфекции [5].

Вирус болезни Ньюкасла (ВБН), также из-

вестный как птичий парамиксовирус серотипа 1 (APMV-1, Orthoavulavirus javaense), представитель рода *Avulavirus* семейства *Paramyxoviridae* [6—7], представляет собой одноцепочечный несегментированный плеоморфный оболочечный РНК-вирус с отрицательной полярностью [7]. Геном ВБН состоит из шести генов, кодирующих шесть соответствующих структурных белков: нуклеопротеин (NP), фосфопротеин (P), матриксный протеин (M), белок слияния (F), гемагглютинин-нейраминидазу (HN) и РНК-полимеразу (L) [8]. Хотя вирулентность ВБН зависит от множества генов, сайт расщепления белка слияния является критическим участком, ответственным за основные изменения вирулентности [9—10]: известно, что менее вирулентные штаммы содержат меньше основных аминокислот в этом сайте и имеют замену L117F [11].

Вид *Orthoavulavirus javaense* представлен генетически гетерогенными вариантами, которые делятся на две линии (класс I и класс II) с множественными генотипами и субгенотипами [12]. Разнообразие генотипов приводит к разнообразию вариантов патогенности и видов хозяев. ВБН I класса выделяется преимущественно от диких птиц, обладает низкой вирулентностью и лишь изредка встречается у домашней птицы. Генетическое разнообразие ВБН класса II, вероятно, обусловлено внутренними ошибками вирусной полимеразы во время репликации генома [13—14]. Считается, что эти изменения создают большое количество генетических вариантов, известных как квазивиды, на которые действуют естественные силы, отбирая определенные характеристики генома ВБН. За исключением нескольких участков, картированных на отдельных изолятах [15], роль бесчисленных мутаций, существующих у циркулирующих вирусов, в патогенезе и круге хозяев до сих пор неизвестна. В целом внутри представителей класса II наблюдается большая генетическая изменчивость, чем внутри класса I; в настоящее время существует 18 генотипов класса II [16], которые классифицируются на основе изменчивости белка F или всего генома [17]. Эта непрерывная антигенная эволюция вируса ставит под угрозу эффективность существующих стратегий вакцинопрофилактики и требует разработки новых, более адаптивных подходов к контролю инфекции.

В этом контексте ключевую роль приобретает разработка рекомбинантных вакцин нового поколения и высокоспецифичных диагностических тест-систем. Основой для их создания служит точная идентификация иммунодоминантных эпитопов — специфических участков вирусных белков, которые распознаются иммунной системой хозяина и запускают клеточный и гуморальный иммунный ответ. Таким образом, проведение комплексного биоинформационного анализа представителей ВБН является необходимым для достижения таких целей, как создание новых кандидатных вакцин с широким спектром защиты, в том числе DIVA-совместимых, повышение специфичности и чувствительности диагностических средств, а также преодоление проблемы антигенного дрейфа, что позволит оперативно адаптировать состав вакцин и диагностикумов в соответствии с актуальной эпизоотической ситуацией.

Целью настоящего исследования явился поиск иммуногенных эпитопов в структуре мажорных антигенов вируса болезни Ньюкасла (F, HN).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Последовательности целевых штаммов. Иммуноэпитопный анализ проводился относительно структуры следующих представителей вируса БН, депонированных в базе данных GenBank (табл. 1).

Сравнительный анализ последовательностей проводили с использованием алгоритма Neighbor-Joining в программе «MEGA 11» («MEGA Software», Германия).

Прогнозирование антигенных эпитопов проводили согласно алгоритмам, описанным в аналогичных работах [18-19]. Поиск В-клеточных эпитопов осуществляли при помощи базы данных IEDB (Immune Epitope Database, NIH, США), прогнозирование HTL (Т-хелперных) эпитопов – алгоритма NetMHCIIpan 4.1, CTL эпитопов – алгоритма NetMHCcons-1.1 (DTU Health Tech, Дания) с предварительным разделением последовательности на перекрывающиеся пептиды длиной 9 а.о. (https://services.healthtech.dtu.dk/). Анализ консервативности эпитопов проводили в IEDB с использованием алгоритма Epitope Conservancy Assay (http://tools.iedb.org/conservancy/) с порогом идентичности последовательностей, равным 100.

Прогнозирование антигенных, аллергенных и токсических свойств эпитопов. Потенциальную аллергенность и токсичность эпитопов оценивали в программах AllerTop v2.0 (https://www.ddg-pharmfac.net/allertop_test/) и ToxinPred2 (https://webs.iiitd.edu.in/raghava/toxinpred2/), антигенность – VaxiJen v2.0 (https://www.ddg-pharmfac.net/vaxijen/VaxiJen/VaxiJen.html), иммуногенный потенциал — Class I Immunogenicity (http://tools.iedb.org/immunogenicity/).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Для достижения поставленной цели – определения потенциальных иммуногенных областей в составе мажорных антигенов ВБН — был проведен биоинформационный анализ полных аминокислотных последовательностей всех структурных и неструктурных белков вируса. На основании данных, полученных из иммунологических баз данных, были идентифицированы участки последовательностей, которые ранее экспериментально или прогностически были определены как В-клеточные и Т-клеточные (CD4+ и CD8+) эпитопы. Результаты анализа с указанием типов подтвержденных эпитопов, их точных координат в протеоме и локализации относительно функциональных доменов (сигнальные

Таблица 1 — Перечень штаммов и изолятов представителей ВБН 6 и 7 генотипов (выделенных на территории России и сопредельных стран) и использованных в иммуноинформатическом анализе

Table 1 — List of strains and isolates of representatives of NDV 6 and 7 genotypes (isolated in Russia and neighboring countries) and used in immunoinformatic analysis

Генотип, субгенотип	Название штамма/ изолята, GenBank ID	Регион и год выделения	Хозяин (от кого выделен)
VIa	ASTR/74, Y18728.1	Россия	Курица
VI.2.2.1 (VIe)	Pi/Rus/Moscow/54/02, JF823998.1	Россия, Москва, 2002	Голубь
VI.2.2.1 (VIe)	Pi/Rus/Voronezh/446/01, JF823997.1	Россия, Воронеж, 2001	Голубь
VI.2.2.1 (VIe)	Pigeon/China/100/08, JX244794.1	Китай, 2008	Голубь
VI.2.1.1.2.1 (VIj)	Pi/Rus/Tomsk/0848/06, JF823996.1	Россия, Томск, 2006	Голубь
VI.2.1.1.2.1 (VIj)	Pi/Rus/Vladimir/772/06, JF823995.1	Россия, Владимир, 2006	Голубь
VI.2.1.1.2.1 (VIj)	Pi/Rus/Kemerovo/762-2/05, JF823994.1	Россия, Кемерово, 2005	Голубь
VI.2.1.1.2.1 (VIj)	Pi/Rus/Moscow/47/02, JF823992.1	Россия, Москва, 2002	Голубь
VI.2.2.2 (VIe)	Pigeon/China/100/08, JX244794.1	Китай, 2008	Голубь
VI.2.2.2 (VIe)	pi/CH/LJS/1/04, KJ607163.1	Китай, 2004	Голубь
VI.2.2.2 (VIe)	PG/CH/JS/1/05, FJ480825.1	Китай, 2005	Голубь
VIb	NDV/Altai/pigeon/770/2011, KJ920204.1	Россия, Алтай, 2011	Голубь
VIb/2	Altai/pigeon/777/2010, KT962979.1	Россия, Алтай, 2010	Голубь
VIc	Chicken/China/JX-1/94, AF458021	Китай, 1994	Курица
VIc	Chicken/China/Sh-1/97, AF458018.1	Китай, 1997	Курица
VIg (XXI.1.1)	Pi/Rus/Vladimir/687/05, JF824032.1	Россия, Владимир, 2005	Голубь
VIk (VI.2.1.1.2.2)	pigeon/Ukraine/Kharkiv/Petruk/15-01/2015, MZ101342.1	Украина, 2015	Голубь
VIk (VI.2.1.1.2.2)	pigeon/Ningxia/2068/2016, MG840654.1	Китай, 2016	Голубь
VIk (VI.2.1.1.2.2)	Pi/SH/CH/0167/2013, KT163262	Китай, 2013	Голубь
VII	NDV/PMV-1/chicken/Astana/49/98, PP738481.1	Казахстан, Астана, 2013	Курица
VII.1	NDV/Chicken/Moscow/6081/2022, OQ190211.1	Россия, Москва, 2022	Курица
VIIb	goose/Guangdong/2010, KC551967.1	Китай, 2010	Гусь
VIIc	Ch-A7/96, AY028995.1	Китай, 1996	Домашняя птица
VIIc	CZ 3898/96, AF109883.1	Чехия, 1996	Домашняя птица
VIId	Adygea/duck/12/2008, KP189357.1	Россия, Адыгея, 2008	Утка
VIId	YZCQ/Liaoning/08, JX867334.1	Китай, 2008	Курица
VIId	JSD0812, NC_039223.1	Китай, 2008	Утка
VIIf	goose_China_Jiangsu_JS02_1999, DQ227246.1	Китай, 1999	Гусь
VIIf	pigeon_China_18_2003, GQ338309.1	Китай, 2003	Голубь

VIIg	QG/Hebei/07, FJ608337.1	Китай, 2007	Курица
VIIg	XD/Shandong/08, FJ608347.1	Китай, 2008	Курица
VIIh	NDV/chicken/Rus/Kaliningrad/184/13	Россия, Калининград	Курица
VIIh	goose/Yunnan/1200/2013, KU175233.1	Китай, 2013	Гусь
VIIh	chicken/Guizhou/1176/2012, KU175232.1	Китай, 2012	Курица
VIIi	Ck-Rus-Crimea-054-2017, OQ435208.1	Россия, Крым, 2017	Курица
VII.1.1	NDV/Ck/Rus/Saratov/3122/2019, PV490925.1	Россия, Саратов, 2019	Курица
VII.1.1	NDV/poultry/Rus/Vladimir/2271/2021, PV490956.1	Россия, Владимир, 2021	Курица
VII.1.1	NDV/Ck/Rus/Khanty-Mansi/1240/2021, PV490955.1	Россия, Ханты-Мансийск, 2021	Курица
VII.1.1	NDV/Ck/Rus/N.Novgorod/667/2021, PV490941.1	Россия, Нижний Новгород, 2021	Курица
VII.1.1	Ck-Rus-Krasnodar-11-2019, OQ435209.1	Россия, Краснодар, 2019	Курица

пептиды, трансмембранные домены, участки N- и O-гликозилирования) представлены в таблице 2.

Для дальнейшего анализа и *de novo* прогнозирования потенциальных эпитопов нами были выбраны белки F и HN, что обусловлено их критической ролью в жизненном цикле вируса, высокой иммуногенностью и, следовательно, значимостью в качестве ключевых мишеней протективного иммунного ответа. Так, гликопротеин F (белок слияния) является одним из самых важных компонентов вирусной оболочки, поскольку непосредственно отвечает за слияние вирусной и клеточной мембран — процесс, необходимый для интернализации вируса [20]. Белок F существует в двух конформациях: пре-слияния и пост-слияния; антитела, нацеленные на конформацию пре-слияния, обладают мощной нейтрализующей активностью, посколько они блокируют конформационные изменения, необходимые для запуска слияния. Включение эпитопов из структуры белка F, индуцирующих нейтрализующие антитела, считается «золотым стандартом» в разработке вакцин [21]. У многих представителей ВБН белок F обладает относительно высокой степенью консервативности в функционально значимых доменах, что делает его привлекательной мишенью для разработки вакцин с широкой перекрестно-нейтрализующей активностью [22].

Гликопротеин HN (гемагглютинин-нейраминидаза), будучи высоко экспонированным на поверхности вириона, также является одним из наиболее иммуногенных белков, способным вызвать иммунный ответ [23]. Домен HN отвечает за прикрепление вируса к рецепторам на поверхности клетки-хозяина, выступая в качестве лиганда (гемагглютинин-подобная активность) [24]. Нейраминидаза-подобная активность позволяет вирусу отщепляться от рецепторов уже инфицированной клетки, предотвращая самоагрегацию [25].

Таким образом, гликопротеины F и HN являются ключевыми поверхностными белками, которые первоочередно взаимодействуют с иммунной системой. Сузив спектр анализа до этих двух белков, мы можем прогнозировать эпитопы, которые, скорее всего, будут доступны для иммунной системы, функционально значимы (антитела нацелены на блокирование прикрепления либо слияния) и, следовательно, обладать наивысшим потенциалом для включения в мультиэпитопную вакцинную конструкцию.

Используя алгоритмы и предиктивные модели, мы спрогнозировали потенциальные Т-клеточные и В-клеточные эпитопы на белках F и HN, основываясь на таких параметрах, как иммуногенность, антигенность, связывание с HLA-молекулами, поверхностная доступность, гидрофильность и гибкость. Серьезным ограничением явилось отсутствие аллелей МНС курицы в базе данных иммуноинформатики, поэтому для прогнозирования эпитопов куриные аллели МНС были заменены аллелями МНС человека (HLA*B 40:06, HLA*B 41:04 и HLA*B 41:03 для МНС класса I и аллели DRB1:1482, DRB1:1366, DRB1:1310 и DRB1:1445 для МНС класса II), как описано в работе [26]. Опубликованы исследования, подтверждающие, что аллели B-F курицы обладают способностью вызывать иммунный ответ, сопоставимый с аллелями МНС I человека, преимущественно во время презентации антигена.

Таблица 2 — Карты аминокислотных последовательностей структурных белков ВБН

Table 2 — Amino acid sequence maps of the structural proteins of the NDV

Белок	Аминокислотная последовательность
NP(GenBank ID: AGR34131.1, 1-489)	MSSVFDEYEQLLAAQTRPNGAHGGGEKGSTLKVDVPVFTLNSDDPEDRWSFVVFCLRI AVSEDANKPLRQGALISLLCSHSQVMRNHVALAGKQNEATLAVLEIDGFANGTPQFNNR SGVSEERAQRFAMIAGSLPRACSNGTPFVTAGAEDDAPEDITDTLERILSIQAQVWVTV AKAMTAYETADESETRRINKYMQQGRVQKKYILYPVCRSTIQLTIRQSLAVRIFLVSELK RGRNTAGGTSTYYNLVGDVDSYIRNTGLTAFFLTLKYGINTKTSALALSSLSGDIQKMK QLMRLYRMKGDNAPYMTLLGDSDQMSFAPAEYAQLYSFAMGMASVLDKGTGKYQFA RDFMSTSFWRLGVEYAQAQGSSINEDMAAELKLTPAARRGLAAAAAQRVSEETSSIDMP TQQVGVLTGLSEGGSQALQGGSNRSQGQPEAGDGETQFLDLMRAVANSMREAPNSAQ GTPQSGPPPTPGPSQDNDTDWGY
P (GenBank ID: AGR34132.1, 490-884)	MATFTDAEIDELFETSGTVIDNIITAQGKPAETVGRSAIPQGKTKVLSAAWEKHGSIQPPA SQDNPDRQDRSDKQPSTPEQTTPHDSPPATSADQPPTQATDEAVDTQLRTGASNSLLLML DKLSNKSSNAKKGPWSSPQEGNHQRPTQQQGSQPSRGNSQERPQNQVKAAPGNQGTDV NTAYHGQWEESQLSAGATPHALRSRQSQDNTLVSADHVQPPVDFVQAMMSMMEAISQR VSKVDYQLDLVLKQTSSIPMMRSEIQQLKTSVAVMEANLGMMKILDPGCANISSLSDLRA VARSHPVLVSGPGDPSPYVTQGGEMALNKLSQPVPHPSELIKPATACGPDIGVEKDTVRA LIMSRPMHPSSSAKLLSKLDAAGSIEEIRKIKRLALNG
V (GenBank ID: AEM55589.1)	MVEPPRGESPTSDSTAGESTQSRKQSGKTAEPSQGRPWKPGHRREHSISWTMGGVTTIS WCNPSCSPIKAEPRQYPCICGSCPATCRLCASDDVYDGGDITESK
W (GenBank ID: HQ589256.1)	MATPTDAESDDTLETSGTATDSTITAQGKPAETVGRSATPQGKTKAPSTAREKHGIAQP HASQDNPDQQARPDKQSSTPEQVTPHNTPLVTPTEPSPTQATGEAGDTQLKTGASNSLLY MPDKLSNKSSNAKKGAHGRVPKKDTTNPRSNNKGTCRAMEATRKGRSTRPRPSLEAGA QTRTQHIMDSGRSHNHQLVQPLMRPSQGRATTILLHLWIMSSYLSTLCRR
M (GenBank ID: AGR34130.1, 885-1248)	MDSSRTIGLYFDSAHSSSNLLAFPIVLQDTGDGKKQIAPQYRIQRLDLWTDSKEDSVFITT YGFIFQVGNEEATVGMIDDKPKRELLSAAMLCLGSVPNTGDLIELARACLTMIVTCKKS ATNTERMVFSVVQAPQVLQSCRVVANKYSSVNAVKHVKAPEKIPGSGTLEYKVNFVSL TVVPKKDVYKIPAAVLKVSGSSLYNLALNVTINVEVDPRSPLVKSLSKSDSGYYANLFLHI GLMTTVDRKGKKVTFDKLEKKIRSLDLSVGLSDVLGPSVLVKARGARTKLLAPFFSSSG TACYPIANASPQVAKILWSQTACLRSVKIIIQAGTQRAVAVTADHEVTSTKLEKGHTLAKY NPFKK
F (GenBank ID: AGR34133.1, 1249-1801)	MGSRPSTKNPAPMMLTIRVALVLSCICPANSIDGRPLAAAGIVVTGDKAVNIYTSSQTGSII VKLLPNLPKDKEACAKAPLDAYNRTLTTLLTPLGDSIRRIQESVTTSGGGRQGRLIGAIIG GVALGVATAAQITAAAALIQAKQNAANILRLKESIAATNEAVHEVTDGLSQLAVAVGKM QQFVNDQFNKTAQELDCIKIAQQVGVELNLYLTELTTVFGPQITSPALNKLTIQALYNLAG GNMDYLLTKLGVGNNQLSSLIGSGLITGNPILYDSQTQLLGIQVTLPSVGNLNNMRATYL ETLSVSTTRGFASALVPKVVTQVGSVIEELDTSYCIETDLDLYCTRIVTFPMSPGIYSCLSG NTSACMYSKTEGALTTPYMTIKGSVIANCKMTTCRCVNPPGIISQNYGEAVSLIDKQSCN VLSLGGITLRLSGEFDVTYQKNISIQDSQVIITGNLDISTELGNVNNSISNALNKLEESNRK LDKVNVKLTSTSALITYIVLTIISLVFGILSLILACYLMYKQKAQQKTLLWLGNNTLDQMR ATTKM
HN (GenBank ID: AGR34134.1, 1802-2378)	MDRAVSQVALENDEREAKNTWRLIFRIAILFLTVVTLAISVASLLYSMGASTPSDLVGIPTR ISRAEEKITSTLGSNQDVVDRIYKQVALESPLALLNTETTIMNAITSLSYQINGAANNSGW GAPIHDPDYIGGIGKELIVDDASDVTSFYPSAFQEHLNFIPAPTTGSGCTRIPSFDMSATHY CYTHNVILSGCRDHSHSYQYLALGVLRTSATGRVFFSTLRSINLDDTQNRKSCSVSATPL GCDMLCSKVTETEEEDYNSAVPTRMVHGRLGFDGQYHEKDLDVTTLFGDWVANYPGV GGGSFIDSRVWFSVYGGLKPNSPSDTVQEGKYVIYKRYNDTCPDEQDYQIRMAKSSYKP GRFGGKRIQQAILSIKVSTSLGEDPVLTVPPNTVTLMGAEGRILTVGTSHFLYQRGSSYFSP ALLYPMTVSNKTATLHSPYTFNAFTRPGSIPCQASARCPNSCVTGVYTDPYPLIFYRNHT LRGVFGTMLDGVQARLNPASAVFDSTSRSRITRVSSSSTKAAYTTSTCFKVVKTNKTYCL SIAEISNTLFGEFRIVPLLVEILKDDGVREARSG

L (GenBank ID: AGR34135.1, 2379-4582)	MASSGPERAEHQIILPESHLSSPLVKHKLLYYWKLTGLPLPDECDFDHLILSRQWKKILESA SPDTERMIKLGRAVHQTLNHNSRITGVLHPRCLEELANIEVPDSTNKFRKIEKKIQIHNTRY GELFTRLCTHIEKKLLGSSWSNNVPRSEEFSSIRTDPAFWFHSKWSTAKFAWLHIKQIQRH LMVAARTRSAANKLVMLTHKVGQVFVTPELVVVTHTNENKFTCLTQELVLMYADMME GRDMVNIISTTAVHLRSLSEKIDDILRLIDALAKDLGNQVYDVVSLMEGFAYGAVQLLEPS GTFAGDFFAFNLQELKDILIGLLPNDIAESVTHAIATVFSGLEQNQAAEMLCLLRLWGHPL LESRIAAKAVRSQMCAPKMVDFDMILQVLSFFKGTIINGYRKKNAGVWPRVKVDTIYGK VIGQLHADSAEISHDIMLREYKSLSALEFEPCIEYDPVTNLSMFLKDKAIAHPNDNWLASF RRNLLSEDQKKHVKEATSTNRLLIEFLESNDFDPYKEMEYLTTLEYLRDDNVAVSYSLKE KEVKVNGRIFAKLTKKLRNCQVMAEGILADQIAPFFQGNGVIQDSISLTKSMLAMSQLSF NSNKKRITDCKERVSSNRNHDPKSKNRRRVATFITTDLQKYCLNWRYQTIKLFAHAINQL MGLPHFFEWIHLRLMDTTMFVGDPFNPPSDPTDCDLSRVPNDDIYIVSARGGIEGLCQKL WTMISIAAIQLAAARSHCRVACMVQGDNQVIAVTREVRSDDSPEMVLTQLHQASDNFFK ELIHVNHLIGHNLKDRETIRSDTFFIYSKRIFKDGAILSQVLKNSSKLVLVSGDLSENTVMS CANIASTVARLCENGLPKDFCYYLNYIMSCVQTYFDSEFSITNNSHPDLNQSWIEDISFVH SYVLTPAQLGGLSNLQYSRLYTRNIGDPGTTAFAEIKRLEAVGLLSPNIMTNILTRPPGNG DWASLCNDPYSFNFETVASPNIVLKKHTQRVLFETCSNPLLSGVHTEDNEAEEKALAEFLL NQEVIHPRVAHAIMEASSVGRRKQIQGLVDTTNTVIKIALTRRPLGIKRLMRIVNYSSMHA MLFRDDVFSSSRSNHPLVSSNMCSLTLADYARNRSWSPLTGGRKILGVSNPDTIELVEGEI LSVSGGCTRCDSGDEQFTWFHLPSNIELTDDTSKNPPMRVPYLGSKTQERRAASLAKIAH MSPHVKAALRASSVLIWAYGDNEVNWTAALTIAKSRCNVNLEYLRLLSPLPTAGNLQHR LDDGITQMTFTPASLYRVSPYIHISNDSQRLFTEEGVKEGNVVYQQIMLLGLSLIESIFPMT TTRTYDEITLHLHSKFSCCIREAPVAVPFELLGVVPELRTVTSNKFMYDPSPVSEGDFARL DLAIFKSYELNLESYPTIELMNILSISSGKLIGQSVVSYDEDTSIKNDAIIVYDNTRNWISEA QNSDVVRLFEYAALEVLLDCSYQLYYLRVRGLDNIVLYMGDLYKNMPGILLSNIAATISH PVIHSRLHAVGLVNHDGSHQLADTDFIEMSAKLLVSCTRRVISGLYSGNKYDLLFPSVLDD NLNEKMLQLISRLCCLYTVLFATTREIPKIRGLTAEEKCSILTEYLLSDAVKPLLSPDQVSSI MSPNIITFPANLYYMSRKSLNLIREREDRDTILALLFPQEPLLEFPSVQDIGARVKDPFTRQP AAFLQELDLSAPARYDAFTLSQIHPELTSPNPEEDYLVRYLFRGIGTASSSWYKASHLLSV PEVRCARHGNSLYLAEGSGAIMSLLELHVPHETIYYNTLFSNEMNPPQRHFGPTPTQFLNS VVYRNLQAEVTCKDGFVQEFRPLWRENTEESDLTSDKAVGYITSAVPYRSVSLLHCDIEIP PGSNQSLLDQLAINLSLIAMHSVREGGVVIIKVLYAMGYYFHLLMNLFAPCSTKGYILSNG YACRGDMECYLVFVMGYLGGPTFVHEVVRMAKTLVQRHGTLLSKSDEITLTRLFTSQRQ RVTDILSSPLPRLIKYLRKNIDTALIEAGGQPVRPFCAESLVSTLANITQITQIIASHIDTVIRS VIYMEAEGDLADTVFLFTPYNLSTDGKKRTSLKQCTRQILEVTILGLRVENLNKIGDVISL VLKGMISMEDLIPLRTYLKHSTCPKYLKAVLGITKLKEMFTDTSVLYLTRAQQKFYMKTI GNAVKGYYSNCDS

Примечание:

XXX — *В-клеточные эпитопы*

XXX — *Т-клеточные эпитопы*

XXX — *Сигнальные пептиды*

XXX — *Трансмембранные домены*

XXX — *Сайты N-гликозилирования*

XXX — *Сайты О-гликозилирования*

Анализ распределения идентифицированных эпитопов показал их неравномерное расположение в структуре полипептидных цепей исследуемых белков. Наибольшая плотность эпитопов была выявлена на участках: 175—531 а.о. (белок F), 105—563 а.о. (белок HN). В структуре белка F этот участок включал экстрамембранную часть субъединицы F1, в особенности — домены, непосредственно прилегающие к сайту расщепления. В белке HN большинство предсказанных эпитопов сконцентрировано в глобулярной части белка.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В ходе проведенного биоинформационного анализа с использованием комплекса алгоритмов для предсказания Т- и В-клеточных эпитопов был идентифицирован ряд потенциально иммуногенных участков в структуре мажорных поверхностных антигенов вируса БН — белка слияния (F) и гемагглютинин-нейраминидазы. Полученные данные, включающие последовательности предсказанных эпитопов, их локализацию в первичной структуре белков, а также оценки антигенности и аллергенности, позволили выявить наиболее перспективные пептидные последовательности, способные вызывать значимый иммунный ответ и служить мишенью для нейтрализующих антител. Выявленные регионы с высокой плотностью расположения эпитопов представляют первостепенный интерес для дальнейшего экспериментального изучения и конструирования рекомбинантных вакцинных антигенов.

Таблица 3 — Прогнозируемые иммуногенные эпитопы мажорных антигенов ВБН

Table 3 — Predicted immunogenic epitopes of major antigens of NDV

Белок	Эпитоп	Длина, а.о.	Потенциальная аллергенность	Иммуногенность (VaxiJen)
B-клеточные эпитопы				
F (GenBank ID: AGR34133.1)	LGCIHLTSS	9	Не аллерген	Антиген (1.9695)
	LDGRPLAAA	9	Не аллерген	Антиген (0.9616)
	IGSVALGVA	9	Не аллерген	Антиген (1.4321)
	SVAVGKMQQ	9	Аллерген	Антиген (1.1531)
	LTQLTIQAL	9	Аллерген	Антиген (0.9810)
	YNLAGGNID	9	Не аллерген	Антиген (0.9580)
	YLLTKLGIG	9	Аллерген	Антиген (0.9580)
	PSVGNLNNM	9	Не аллерген	Антиген (0.9280)
	DLYCTRIVT	9	Аллерген	Антиген (1.2643)
	FPMSPGIYS	9	Не аллерген	Антиген (1.1107)
	LEKVNVRLT	9	Не аллерген	Антиген (1.4677)
	VLTVISLVF	9	Не аллерген	Антиген (0.9169)
	GALSLGLAC	9	Не аллерген	Антиген (1.8261)
HN (GenBank ID: AGR34134.1)	STAISKTED	9	Аллерген	Антиген (1.0860)
	NAITSLSYQ	9	Аллерген	Антиген (0.9982)
	SFDMSATHY	9	Не аллерген	Антиген (1.3954)
	LDDTQNRKS	9	Не аллерген	Антиген (1.0058)
	CSVSATPLG	9	Аллерген	Антиген (1.2124)
	CDMLCSKVT	9	Аллерген	Антиген (1.4256)
	VAPTSMVHGR	10	Аллерген	Антиген (1.0618)
	NYPGVGGGSF	10	Не аллерген	Антиген (0.9332)
	KRHNNTCPD	9	Не аллерген	Антиген (1.7340)
	QQAILSIKV	9	Не аллерген	Антиген (1.1459)
	RLNPVSAVF	9	Аллерген	Антиген (1.4846)
	VVKTNKVYC	9	Не аллерген	Антиген (1.0371)
T-клеточные эпитопы				
MHC I				
HN (GenBank ID: AGR34134.1)	QEHLNFIPA	9	Аллерген	Антиген (1.6517)
	GEFRIVPLL	9	Аллерген	Антиген (1.4926)
MHC II				
F (GenBank ID: AGR34133.1)	CYMMYKQKA	9	Не аллерген	Антиген (1.3853)
HN (GenBank ID: AGR34134.1)	YLALGVLRT	9	Не аллерген	Антиген (1.1717)
	FSTLRSINL	9	Аллерген	Антиген (1.0479)
	EFRIVPLLV	9	Аллерген	Антиген (1.8881)

SEARCH FOR IMMUNOGENIC EPITOPES IN THE STRUCTURE OF MAJOR ANTIGENS OF THE NEWCASTLE DISEASE VIRUS

Bairashev T. A.[1] — Postgraduate Student, Junior Researcher (ORCID 0009-0009-5673-1535); **Galeeva A. G.**[1] — PhD of Veterinary Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-2650-6459).

FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety».

* timurkin2011timur@mail.ru.

ABSTRACT. *Newcastle Disease (ND) is a highly contagious viral infection of birds that causes significant economic losses in the poultry industry. Traditional whole-virion vaccines often fail to provide cross-neutralizing im-munity, emphasizing the need for innovative approaches to the design of new vaccine candidates. Conducting a comprehensive bioinformatics analysis of VBN representatives is necessary to achieve such goals as the creation of new candidate vaccines with a broad spectrum of protection, including DIVA-compatible ones, increasing the specificity and sensitivity of diagnostic tools, as well as overcoming the problem of antigenic drift, which will allow for the rapid adaptation of the composition of vaccines and diagnostics in accordance with the current epizootic situation. In this study, a bioinformatic analysis of the proteomes of the major Newcastle disease virus (NDV) antigens — the F and HN proteins — was carried out to identify potential immunogenic epitopes. Using sequences of var-ious viral strains circulating in Russia and neighboring countries, deposited in the GenBank database, both B-cell and T-cell epitopes were identified. The applied prediction algorithms showed that the regions with the highest epitope density are associated with critical functional domains of the proteins involved in viral membrane fusion and host receptor recognition. The results indicate high potential immunogenicity of several identified sequences. Information on epitope local-ization and antigenicity assessment serves as a foundation for further studies aimed at developing recombinant vaccines and highly specific diagnostic tools, which are key to effective control of ND spread in bird populations. This study highlights the importance of a targeted approach to vaccine design under the condi-tions of continuous antigenic evolution of the virus.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Торопов С. Е., Рябчевская М. Е. и др. Разработка рекомбинантного антигена вируса болезни Ньюкасла для создания вакцины против спектра актуальных циркулирующих штаммов. XI Материалы международной конференции молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов, молекулярных биологов и специалистов фундаментальной медицины : Сборник тезисов, Наукоград Кольцово, 2024 г. — Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2024. — С. 414—415. DOI 10.25205/978-5-4437-1691-6-202.

2. Boumart Z., Hamdi J. et al.Thermal Stability Study of Five Newcastle Disease Attenuated Vaccine Strains. Avian Dis. 2016; 60(4):779—783. DOI 10.1637/11426-042116-Reg.1.

3. Hu Z., He X., Deng J., Hu J., Liu X. Current situation and future direction of Newcastle disease vaccines. Vet Res. 2022; 53(1):99. DOI 10.1186/s13567-022-01118-w.

4. Hu Z., Ni J., Cao Y., Liu X. Newcastle Disease Virus as a Vaccine Vector for 20 Years: A Focus on Maternally Derived Antibody Interference. Vaccines (Basel). 2020; 8(2):222. DOI 10.3390/vaccines8020222.

5. Bello M.B., Yusoff K. et al. Diagnostic and Vaccination Approaches for Newcastle Disease Virus in Poultry: The Current and Emerging Perspectives. Biomed Res Int. 2018; 2018:7278459. DOI 10.1155/2018/7278459.

6. Fauquet C.M., Fargette D. International Committee on Taxonomy of Viruses and the 3,142 unassigned species. Virol J. 2005; 2:64. DOI 10.1186/1743-422X-2-64.

7. Alexander D.J., and Senne D.A. (2008) Newcastle Disease, Other Avian Paramyxoviruses, and Pneumovirus Infections. In: Saif, Y.M., Glisson, J.R., Mcdougald, L.R., Nolan, L.K. and Swayne, D.E., Eds., Disease of Poultry, 12th Edition, Iowa State University Press, Ames, 75—116.

REFERENCES

1. Toropov S.E., Ryabchevskaya M.E., Ev-tushenko E.A., Nikitin N.A., Karpova O.V. Development of a Recombinant Antigen of Newcastle Disease Virus for the Creation of a Vaccine Against a Range of Relevant Circulating Strains. XI International Conference of Young Scientists: Bioinformaticians, Biotech-nologists, Biophysicists, Virologists, Molecular Biologists, and Specialists in Fundamental Medicine: Abstract Collec-tion, Science City Koltsovo, 2024. — Novosibirsk: Novosibirsk National Re-search State University, 2024. — P. 414—415. DOI 10.25205/978-5-4437-1691-6-202. (In Russ.)

2. Boumart Z., Hamdi J. et al.Thermal Stability Study of Five Newcastle Disease Attenuated Vaccine Strains. Avian Dis. 2016; 60(4):779—783. DOI 10.1637/11426-042116-Reg.1.

3. Hu Z., He X., Deng J., Hu J., Liu X. Current situation and future direction of Newcastle disease vaccines. Vet Res. 2022; 53(1):99. DOI 10.1186/s13567-022-01118-w.

4. Hu Z., Ni J., Cao Y., Liu X. Newcastle Disease Virus as a Vaccine Vector for 20 Years: A Focus on Maternally Derived Antibody Interference. Vaccines (Basel). 2020; 8(2):222. DOI 10.3390/vaccines8020222.

5. Bello M.B., Yusoff K. et al. Diagnostic and Vaccination Approaches for Newcastle Disease Virus in Poultry: The Current and Emerging Perspectives. Biomed Res Int. 2018; 2018:7278459. DOI 10.1155/2018/7278459.

6. Fauquet C.M., Fargette D. International Committee on Taxonomy of Viruses and the 3,142 unassigned species. Virol J. 2005; 2:64. DOI 10.1186/1743-422X-2-64.

7. Alexander D.J., and Senne D.A. (2008) Newcastle Disease, Other Avian Paramyxoviruses, and Pneumovirus Infections. In: Saif, Y.M., Glisson, J.R., Mcdougald, L.R., Nolan, L.K. and Swayne, D.E., Eds., Disease of Poultry, 12th Edition, Iowa State University Press, Ames, 75—116.

8. Chambers P., Millar N. S., Emmerson P. T. Nucleotide sequence of the gene encoding the fusion glycoprotein of Newcastle disease virus. J Gen Virol. 1986; 67 (Pt 12):2685—94. DOI 10.1099/0022-1317-67-12-2685.

9. de Leeuw O.S., Koch G., Hartog L., Ravenshorst N., Peeters B.P. Virulence of Newcastle disease virus is determined by the cleavage site of the fusion protein and by both the stem region and globular head of the haemagglutinin—neuraminidase protein. J. Gen. Virol. 2005; 86(Pt 6):1759—1769. DOI 10.1099/vir.0.80822-0.

10. Peeters B.P., de Leeuw O.S., Koch G., Gielkens A. L. Rescue of Newcastle disease virus from cloned cDNA: evidence that cleavability of the fusion protein is a major determinant for virulence. J Virol. 1999; 73:5001—5009. DOI 10.1128/JVI.73.6.5001-5009.1999.

11. Glickman R. L., Syddall R. J. et al. Quantitative basic residue requirements in the cleavage—activation site of the fusion glycoprotein as a determinant of virulence for Newcastle disease virus. J Virol. 1988; 62(1):354—6. DOI 10.1128/JVI.62.1.354-356.1988.

12. Kant A., Koch G., Van Roozelaar D. J., Balk F., Huurne A. T. Differentiation of virulent and non—virulent strains of Newcastle disease virus within 24 hours by polymerase chain reaction. Avian Pathol. 1997; 26(4):837—49. DOI 10.1080/03079459708419257.

13. Kondakova O. A., Agranovsky A. A. et al. Genetic Diversity of Newcastle Disease Virus and Its Implications for Vaccine Development. Vet Sci. 2025; 12(9):858. DOI 10.3390/vetsci12090858.

14. Goraichuk I. V., Gerilovych A. et al. Genetic diversity of Newcastle disease viruses circulating in wild and synanthropic birds in Ukraine between 2006 and 2015. Front Vet Sci. 2023; 10:1026296. DOI 10.3389/fvets.2023.1026296.

15. Dortmans J.C., Peeters B.P., Koch G. Newcastle disease virus outbreaks: vaccine mismatch or inadequate application? Vet Microbiol. 2012; 160(1—2):17—22. DOI 10.1016/j.vetmic.2012.05.003.

16. Dimitrov K. M., Afonso C. L., Yu Q., Miller P. J. Newcastle disease vaccines—A solved problem or a continuous challenge? Vet Microbiol. 2017; 206:126—136. DOI 10.1016/j.vetmic.2016.12.019.

17. Snoeck C. J., Adeyanju A. T. et al. Genetic diversity of newcastle disease virus in wild birds and pigeons in West Africa. Appl Environ Microbiol. 2013; 79(24):7867—74. DOI 10.1128/AEM.02716-13.

18. Мима К. А., Каторкина Е. И., Каторкин С. А., Цыбанов С. Ж., Малоголовкин А. С. In silico идентификация B- и T-клеточных эпитопов белка CD2v вируса африканской чумы свиней (African swine fever virus, Asfivirus, *Asfarviridae*). Вопросы вирусологии. 2020; 65(2): 103—112. DOI https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-2-103-112.

19. Дятлова В. И. Применение методов обратной вакцинологии для разработки новых вакцин против бруцеллеза. Бактериология. 2021; 6(4):16—29. DOI 10.20953/2500-1027-2021-4-16-29.

20. Hosseini S. S., Aghaiypour Kolyani K. et al.. In silico prediction of B and T cell epitopes based on NDV fusion protein for vaccine development against Newcastle disease virus. Vet Res Forum. 2021; 12(2):157—165. DOI 10.30466/vrf.2019.98625.2351.

21. Ma F., Zhang E. et al. A Plant-Produced Recombinant Fusion Protein—Based Newcastle Disease Subunit Vaccine and Rapid Differential Diagnosis Platform. Vaccines

8. Chambers P., Millar N. S., Emmerson P. T. Nucleotide sequence of the gene encoding the fusion glycoprotein of Newcastle disease virus. J Gen Virol. 1986; 67 (Pt 12):2685—94. DOI 10.1099/0022-1317-67-12-2685.

9. de Leeuw O.S., Koch G., Hartog L., Ravenshorst N., Peeters B.P. Virulence of Newcastle disease virus is determined by the cleavage site of the fusion protein and by both the stem region and globular head of the haemagglutinin—neuraminidase protein. J. Gen. Virol. 2005; 86(Pt 6):1759—1769. DOI 10.1099/vir.0.80822-0.

10. Peeters B.P., de Leeuw O.S., Koch G., Gielkens A. L. Rescue of Newcastle disease virus from cloned cDNA: evidence that cleavability of the fusion protein is a major determinant for virulence. J Virol. 1999; 73:5001—5009. DOI 10.1128/JVI.73.6.5001-5009.1999.

11. Glickman R. L., Syddall R. J. et al. Quantitative basic residue requirements in the cleavage—activation site of the fusion glycoprotein as a determinant of virulence for Newcastle disease virus. J Virol. 1988; 62(1):354—6. DOI 10.1128/JVI.62.1.354-356.1988.

12. Kant A., Koch G., Van Roozelaar D. J., Balk F., Huurne A. T. Differentiation of virulent and non—virulent strains of Newcastle disease virus within 24 hours by polymerase chain reaction. Avian Pathol. 1997; 26(4):837—49. DOI 10.1080/03079459708419257.

13. Kondakova O. A., Agranovsky A. A. et al. Genetic Diversity of Newcastle Disease Virus and Its Implications for Vaccine Development. Vet Sci. 2025; 12(9):858. DOI 10.3390/vetsci12090858.

14. Goraichuk I. V., Gerilovych A. et al. Genetic diversity of Newcastle disease viruses circulating in wild and synanthropic birds in Ukraine between 2006 and 2015. Front Vet Sci. 2023; 10:1026296. DOI 10.3389/fvets.2023.1026296.

15. Dortmans J.C., Peeters B.P., Koch G. Newcastle disease virus outbreaks: vaccine mismatch or inadequate application? Vet Microbiol. 2012; 160(1—2):17—22. DOI 10.1016/j.vetmic.2012.05.003.

16. Dimitrov K. M., Afonso C. L., Yu Q., Miller P. J. Newcastle disease vaccines—A solved problem or a continuous challenge? Vet Microbiol. 2017; 206:126—136. DOI 10.1016/j.vetmic.2016.12.019.

17. Snoeck C. J., Adeyanju A. T. et al. Genetic diversity of newcastle disease virus in wild birds and pigeons in West Africa. Appl Environ Microbiol. 2013; 79(24):7867—74. DOI 10.1128/AEM.02716-13.

18. Mima K. A., Katorgina E. I., Katorgin S. A., Tsybanov S. Zh., Malogolovkin A. S. In silico identification of B- and T-cell epitopes of the CD2v protein of the African swine fever virus (African swine fever virus, Asfivirus, Asfarviridae). Problems of Virology (Voprosy Virusologii). 2020; 65(2): 103—112. DOI 10.36233/0507-4088-2020-65-2-103-112 (in Russ.)

19. Dyatlova V.I. Application of reverse vaccinology methods for the develop-ment of new vaccines against brucello-sis. Bacteriology. 2021; 6(4):16–29. DOI 10.20953/2500-1027-2021-4-16-29 (In Russ.)

20. Hosseini S. S., Aghaiypour Kolyani K. et al.. In silico prediction of B and T cell epitopes based on NDV fusion protein for vaccine development against Newcastle disease virus. Vet Res Forum. 2021; 12(2):157—165. DOI 10.30466/vrf.2019.98625.2351.

21. Ma F., Zhang E. et al. A Plant-Produced Recombinant Fusion Protein—Based Newcastle Disease Subunit Vaccine and Rapid Differential Diagnosis Platform. Vaccines

(Basel). 2020; 8(1):122. doi: 10.3390/vaccines8010122. Erratum in: Vaccines (Basel). 2025; 13(5):504. DOI 10.3390/vaccines13050504.

22. Chi M., Xie W., Liu Y., Zhang C., Liu Y., Wen H., Zhao L., Song Y., Liu N., Chi L., Wang Z. Conserved amino acids around the DIII-DI linker region of the Newcastle disease virus fusion protein are critical for protein folding and fusion activity. Biosci Trends. 2019; 13(3):225—233. DOI 10.5582/bst.2019.01070.

23. Zeb M.T., Dumont E., Khan M.T., Shehzadi A., Ahmad I. Multi-Epitopic Peptide Vaccine Against Newcastle Disease Virus: Molecular Dynamics Simulation and Experimental Validation. Vaccines (Basel). 2024; 12(11):1250. DOI 10.3390/vaccines12111250.

24. Moharam I., Asala O., Reiche S., Hafez H., Beer M., Harder T., Grund C. Monoclonal antibodies specific for the hemagglutinin-neuraminidase protein define neutralizing epitopes specific for Newcastle disease virus genotype 2.VII from Egypt. Virol J. 2021; 18(1):86. DOI 10.1186/s12985-021-01540-0.

25. Jin Z., Wei Q., Bi Y., Li Y., Huo N., Mou S., Wang W., Liu H., Yang Z., Chen H., Xiao S. Identification of a potential neutralizing linear epitope of hemagglutinin—neuraminidase in Newcastle disease virus. Virol J. 2021; 18(1):8. DOI 10.1186/s12985-020-01483-y.

26. Mugunthan S. P., Mani Chandra H. A Computational Reverse Vaccinology Approach for the Design and Development of Multi-Epitopic Vaccine Against Avian Pathogen Mycoplasma gallisepticum. Front Vet Sci. 2021; 8:721061. DOI 10.3389/fvets.2021.721061.

(Basel). 2020; 8(1):122. doi: 10.3390/vaccines8010122. Erratum in: Vaccines (Basel). 2025; 13(5):504. DOI 10.3390/vaccines13050504.

22. Chi M., Xie W., Liu Y., Zhang C., Liu Y., Wen H., Zhao L., Song Y., Liu N., Chi L., Wang Z. Conserved amino acids around the DIII-DI linker region of the Newcastle disease virus fusion protein are critical for protein folding and fusion activity. Biosci Trends. 2019; 13(3):225—233. DOI 10.5582/bst.2019.01070.

23. Zeb M.T., Dumont E., Khan M.T., Shehzadi A., Ahmad I. Multi-Epitopic Peptide Vaccine Against Newcastle Disease Virus: Molecular Dynamics Simulation and Experimental Validation. Vaccines (Basel). 2024; 12(11):1250. DOI 10.3390/vaccines12111250.

24. Moharam I., Asala O., Reiche S., Hafez H., Beer M., Harder T., Grund C. Monoclonal antibodies specific for the hemagglutinin-neuraminidase protein define neutralizing epitopes specific for Newcastle disease virus genotype 2.VII from Egypt. Virol J. 2021; 18(1):86. DOI 10.1186/s12985-021-01540-0.

25. Jin Z., Wei Q., Bi Y., Li Y., Huo N., Mou S., Wang W., Liu H., Yang Z., Chen H., Xiao S. Identification of a potential neutralizing linear epitope of hemagglutinin—neuraminidase in Newcastle disease virus. Virol J. 2021; 18(1):8. DOI 10.1186/s12985-020-01483-y.

26. Mugunthan S. P., Mani Chandra H. A Computational Reverse Vaccinology Approach for the Design and Development of Multi-Epitopic Vaccine Against Avian Pathogen Mycoplasma gallisepticum. Front Vet Sci. 2021; 8:721061. DOI 10.3389/fvets.2021.721061.

УДК: 619:615.281:636.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.40

ПРОФИЛИ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОМЁТА ЗДОРОВОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

Лыско С. Б.* — д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. (ORCID ID 0009-0007-0086-6487); **Плешакова В. И.** — д-р ветеринар. наук, проф. (ORCID ID 0000-0001-7896-2339).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр».

* zamdir@sibniip.ru.

Ключевые слова: *антибиотикорезистентность, микроорганизмы, помёт, сельскохозяйственная птица, бактерии.*

Key words: *antibiotic resistance, microorganisms, droppings, agricultural poultry, bacteria.*

Финансирование. *Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FNUN-2025-0004).*

Поступила в редакцию / Received: 28.04.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Птичий помёт, широко используемый как органическое удобрение в сельском хозяйстве, представляет серьёзную угрозу для здоровья людей и экологии из-за присутствия остатков антибиотиков и генов антибиотикорезистентности. Контроль помёта на наличие антибиотикорезистентных бактерий является актуальной задачей для минимизации рисков распространения антимикробной резистентности в окружающей среде. Целью исследования являлось изучение видового состава и профилей антибиотикорезистентности бактерий, выделенных из помёта здоровой сельскохозяйственной птицы на семи предприятиях Сибирского региона. Проведено исследование 280 проб помёта от здоровых кур-несушек и цыплят-бройлеров разного возраста. Индикацию микроорганизмов проводили общепринятыми в микробиологии методами с использованием простых и дифференциально-диагностических питательных сред, идентификацию до вида осуществляли с применением технологии матричной лазерной десорбционной ионизационной времяпролетной масс-спектрометрии (MALDI-ToF MS). Резистентность бактерий изучали диско-диффузным методом. Изучена чувствительность 550 выделенных изолятов к 26 антибактериальным препаратам различных фармакологических групп. На основании исследований установлено, что в микробиоценозе помёта здоровых кур превалируют бактерии семейства Enterobacteriaceae — 46,0 % (Escherichia coli, Proteus mirabilis) и Staphylococcaceae — 29,8 %. При изучении профилей их антибиотикорезистентности наибольшая устойчивость к исследуемым антибиотикам выявлена у представители условно-патогенной микрофлоры из семейства Staphylococcaceae: 95—100 % культур были резистентны к пенициллинам, фторхинолонам, тетрациклинам, макролидам и линкозамидам, при этом в 100 % случаях они были полирезистентными. Среди представителей семейства Enterobacteriaceae свыше 50 % изолятов Escherichia coli и Proteus mirabilis были устойчивы к антибиотикам из группы пенициллинов и фторхинолонов, полирезистентность выявлена у 16,6 % и 13,3 % культур, соответственно.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В мировом рейтинге по производству мяса птицы в 2024 году Россия занимает четвёртое место, а по производству яиц – седьмое [1]. Динамичное развитие отрасли, увеличение поголовья предприятий ведёт и к росту отходов производства, которые являются источниками загрязнения почвы, атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения [2, 3]. Наибольший удельный вес, среди отходов птицеводческих предприятий, приходится на помёт.

Птичий помёт и компост, образующийся в результате его переработки, являются ценными органическими удобрениями, широко используемыми в сельском хозяйстве. Однако применение этих удобрений может представлять серьёзную угрозу для здоровья людей и экологии из-за присутствия остатков антибиотиков и генов антибиотикорезистентности [4]. Согласно ГОСТу 31461-2012 «Помёт птицы. Сырье для производства органических удобрений» помёт нормируется по таким санитарно-бактериологическим показателям, как индексы бактерий группы кишечной палочки, энтерококков и патогенных микроорганизмов, а также на наличие яиц и личинок гельминтов, цист кишечных патогенных простейших, при этом не учитывается наличие бактерий, несущих гены антибиотикорезистентности. Кроме того, наряду с контролируемой микрофлорой в помете птиц содержится большое количество различных условно-патогенных и комменсальных бактерий, которые также обладают резистентностью к антибиотикам и способствуют её распространению.

Остаточные количества антибиотиков, широко применяемых в птицеводстве, попадая в почву и воду через помёт и компост, могут оказывать прямое токсическое воздействие на микроорганизмы, нарушая естественный баланс экосистем, а также проникать в пищевые цепи, накапливаясь в растениях и животных, что впоследствии может негативно сказаться на здоровье человека [5, 6].

В литературе встречаются публикации о том, что различные способы компостирование куриного помета [7, 8], биоконверсия его личинками черной львинки [9] снижают количество генов антибиотикорезистентности, что же касается остаточного количества самих антибиотиков в помете, путём компостирования избавиться от них практически невозможно.

Контроль помета, как сырья для производства органических удобрений, так и самого компоста на содержания антибиотиков и антибиотикорезистентных бактерий является на наш взгляд, актуальным вопросом, требующем внимание учёных с целью минимизации рисков распространения антимикробной резистентности и разработки методов их удаления или инактивации.

Цель исследования являлось изучение видового состава и профилей антибиотикорезистентности бактерий, выделенных из помёта здоровой сельскохозяйственной птицы на предприятиях Сибирского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Материал для исследований отбирали от здоровых кур-несушек и цыплят-бройлеров разного возраста на семи птицеводческих предприятиях Сибирского региона. Пробы помещали в стерильные контейнеры и в течение двух часов доставляли в лабораторию или замораживали при температуре -24±0,5°С для дальнейших бактериологических исследований. Исследовано 280 проб помета. Индикацию микроорганизмов проводили общепринятыми в микробиологии методами с использованием простых и дифференциально-диагностических питательных сред. Идентификацию выделенных микроорганизмов до вида осуществляли с применением технологии матричной лазерной десорбционной ионизационной времяпролетной масс-спектрометрии (MALDI-ToF MS) с использованием масс-спектрометра VITEK MS и программного обеспечения «Biotyper RTC» (Германия). Резистентность изолированных бактерий изучали диско-диффузным методом на среде Мюллера-Хинтона в соответствии с методическими указаниями «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». Изучили чувствительность у 550 выделенных изолятов к 26 антибактериальным препаратам следующих фармакологических групп: фторхинолоны (левофлоксацин, ципрофлоксацин, ломефлоксацин, моксифлоксацин, норфлоксацин), пенициллины (бензилпенициллин, ампициллин, амоксициллин), тетрациклины (тетрациклин, доксициклин), цефалоспорины (цефокситин, цефотаксим, цефтазидим, цефтриаксон, цефепим), карбапенемы (имипенем, меропенем), линкозамиды (линкомицин, клиндамицин), гликопептиды (ванкомицин), оксазолидиноны (линезолид), макролиды (эритромицин, кларитромицин, азитромицин) и аминогликозиды (гентамицин, амикацин).

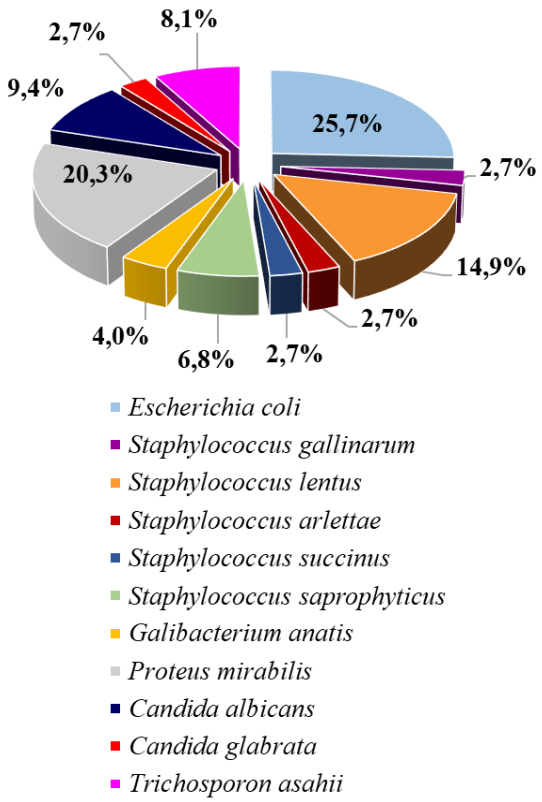


***Рисунок 1** — Видовой состав микрофлоры, выделенной из помёта здоровых кур на птицеводческих предприятиях Сибирского региона, %.*

***Figure 1** — Species composition of microflora isolated from the litter of healthy chickens at poultry farms in the Siberian region, %.*

РЕЗУЛЬТАТЫ/ RESULTS. Спектр микрофлоры, выделенной из помёта здоровых кур птицеводческих предприятий Сибирского региона, представлен 11 видами микроорганизмов, из которых 79,8 % приходилось на бактерии и 20,2 % на микроскопические грибы (рис. 1).

Доминирующее положение среди изолированных сочленов микробиоценоза занимали бактерии семейства *Enterobacteriaceae*: на *Escherichia coli* приходилось 25,7 % культур от общего числа выделенных изолятов, на *Proteus mirabilis* — 20,3%. Из пяти видов условно-патогенных микроорганизмов семейства *Staphylococcaceae* (29,7 %) наиболее часто изолировали культуры *Staphylococcus lentus* — 14,9 % и *Staphylococcus saprophyticus* — 6,8 %. Грибы рода *Candida* выделяли в 12,2 % случаев, дрожжеподобные грибы *Trichosporon asahii* — в 8,1 % случаев.

По данным Tigabie M. с соавторами, в образцах куриного помёта также преобладали изоляты семейства *Enterobacteriaceae*, из них 60,8 % приходилось на *E. coli*, 16,1 % — на *Salmonella*

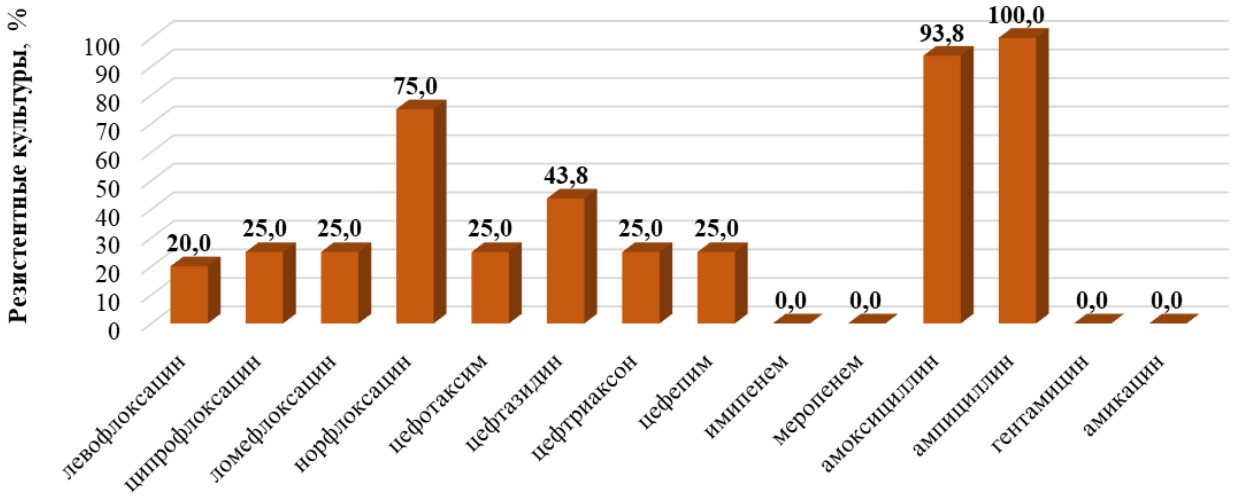


Рисунок 2 *— Профиль антибиотикорезистентности культур Escherichia coli, выделенных из помета здоровых кур.*
Figure 2 *— Antibiotic resistance profile of Escherichia coli cultures isolated from the droppings of healthy chickens.*

spp., 12,6 % — на *P. mirabilis* и 7,7% — на *K. pneumoniae.* Высокий уровень резистентности у выделенных культур наблюдался к ампициллину (91,6 %), тетрациклину (90,9 %), устойчивость к цефалоспоринам — от 20,8 % до 41,7 %. [10].

Анализируя профиль антимикробной резистентности культур *Escherichia coli*, изолированных из помета здоровых кур на предприятиях Сибирского региона, установлена высокая резистентность изолятов к препаратам группы пенициллина – от 93,8 до 100,0 % (рис. 2). Также регистрировали значительный процент устойчивых штаммов *Escherichia coli* к цефалоспоринам (25,0—43,8 %) и фторхинолонам (20,0—75,0). Наибольшую резистентность к препаратам из группы фторхинолонов отмечали к норфлоксацину , а из группы цефалоспоринов — к цефтазидину. Устойчивости к карбапенемам и аминогликозидам у исследованных культур не выявлено.

Аналогичную тенденцию отмечали и при анализе профиля антибиотикорезистентности культур *Proteus mirabilis*, также относящегося к семейству Enterobacteriaceae (рис. 3).

Наибольшей резистентностью выделенные культуры *Proteus mirabilis* обладали к пенициллинам: амоксициллин — 100 % устойчивых культур, ампициллин — 93,3 %. Значительный процент исследованных культур от 53,3 до 85,7 % проявили устойчивость к препаратам из группы фторхинолонов, большинство изолятов были резистентны к норфлоксацину (85,7 %). Что касается антибиотиков группы цефалоспоринов, то устойчивость к ним проявили 7,1—13,3 % культур. Также не выявлено резистентных культур *Proteus mirabilis* к карбапенемам и одному из препаратов группы аминогликозидов – гентамицину. Резистентность штаммов к амикацину (группа аминогликозидов) составила 46,7 %.

Наибольшее количество резистентных культур было выявлено у бактерий семейства *Staphylococcaceae* (рис. 4).

При этом необходимо отметить, что все идентифицированные микроорганизмы данного се-

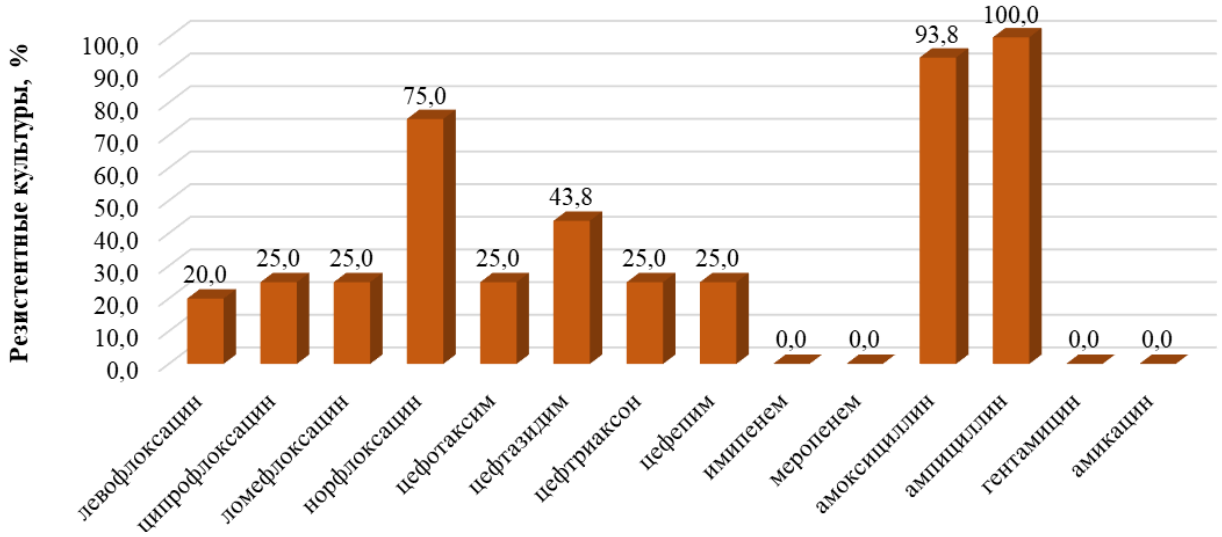


Рисунок 3 *— Профиль антибиотикорезистентности культур Proteus mirabilis, выделенных из помета здоровых кур.*
Figure 3 *— Antibiotic resistance profile of Proteus mirabilis cultures isolated from the litter of healthy chickens.*

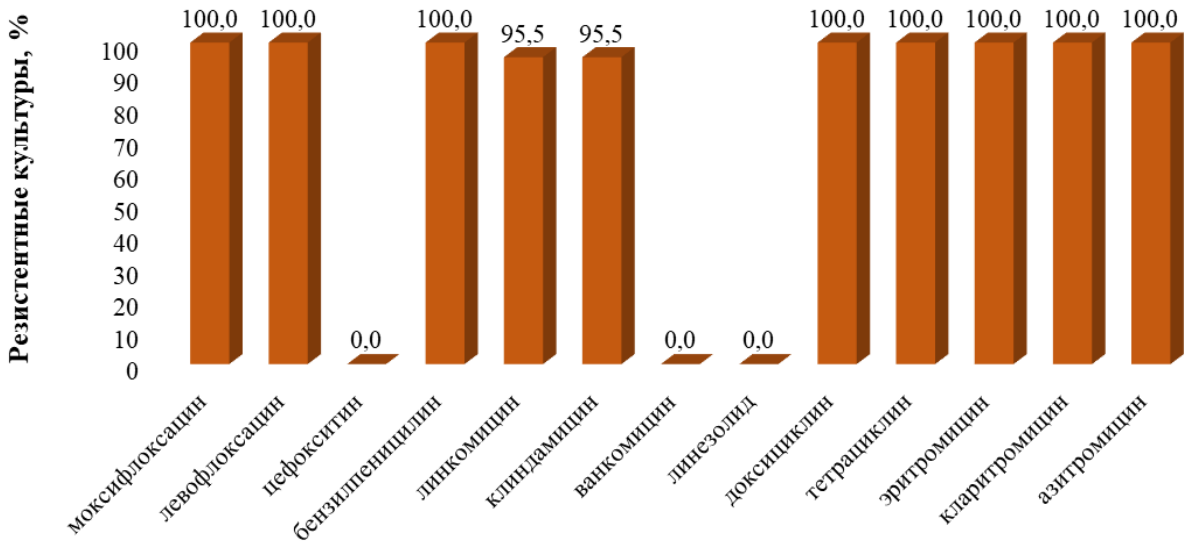


Рисунок 4 *— Профиль антибиотикорезистентности культур семейства Staphylococcaceae, выделенных из помета здоровых кур.*

Figure 4 *— Antibiotic resistance profile of cultures of the Staphylococcaceae family isolated from the litter of healthy chickens.*

мейства относятся к условно-патогенной микрофлоре, не контролируются при выполнении лабораторных исследований помета согласно нормативным документам и могут быть потенциальными источниками антибиотикорезистентности и также способствовать её распространению в окружающей среде. Установлена 100 % резистентность выделенных изолятов к двум антибиотикам из группы фторхинолонов (моксифлоксацин, левофлоксацин), двум из группы тетрациклинов (доксициклин и тетрациклин), трём из группы макролидов (эритромицин, кларитромицин, азитромицин) и одному из группы пенициллинов (бензилпенициллин). Высокой устойчивостью изучаемые штаммы обладали к линкозамидам (линкомицин, клиндамицин) — 95,5 %. Отмечали 100 % чувствительность бактерий семейства *Staphylococcaceae* к антибиотикам из групп цефалоспоринов (цефокситин) гликопептидов (ванкомицин) и оксазолидинонов (линезолид).

Существенных различий в профилях резистентности между исследуемыми предприятиями, не зависимо от направления продуктивности (куры-несушки, цыплята-бройлеры) и возраста птицы не выявлено. На всех предприятиях наибольший процент резистентных и полирезистентных культур был зарегистрирован у микроорганизмов семейства *Staphylococcaceae*. На втором месте по количеству устойчивых штаммов на шести из семи предприятий находился *Proteus mirabilis* и на одном предприятии, по выращиванию цыплят-бройлеров, — *Escherichia coli.*

Полученные нами данные, о том что помёт птиц является потенциальным резервуаром различных штаммов, устойчивых к антибиотикам, согласуются с данными других исследователей [11—13].

В соответствии с международными критериями к полирезистентным относят микроорганизмы с устойчивостью к антимикробным препаратам, принадлежащим как минимум к трём различным группам антибиотиков. По данным Bushen A. с соавторами, из штаммов, выделенных из помёта здоровых кур, 52, 5% культур продемонстрировали лекарственную устойчивость к трём и более антибиотикам [14]. Ряд исследователей также сообщают о наличии в помете кур 72,2 % полирезистентных сальмонелл [15], 68,5—72,2 % штаммов стафилококков с множественной лекарственной устойчивостью [16]. Анализируя профили микробной резистентности микроорганизмов, изолированных из помёта здоровых кур птицеводческих предприятий Сибирского региона следует, что 100 % изолятов семейства *Staphylococcaceae* обладали множественной лекарственной резистентностью, при этом 9,1 % культур проявили одновременно устойчивость к антибиотикам из 4 различных фармакологических групп и 90,9 % — к препаратам из 5 групп. Что касается бактерий из семейства *Enterobacteriaceae*, то 16,6 % выделенных микроорганизмов *Escherichia coli* и 13,3 % *Proteus mirabilis* проявили одновременную устойчивость к антибиотикам из 3 и 4 фармакологических групп, т.е. были полирезистентными.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В микробиоценозе помёта здоровых кур на птицеводческих предприятиях Сибирского региона превалируют бактерии семейства *Enterobacteriaceae* — 46,0 % (*Escherichia coli, Proteus mirabilis*) и *Staphylococcaceae* — 29,8 %. При изучении профилей их антибиотикорезистентности установлено, что наибольшей устойчивостью к исследуемым антибиотикам обладали представители условно-патогенной микрофлоры из семейства *Staphylococcaceae*: 95—100 % культур были резистентны к пенициллинам, фторхинолонам, тетрациклинам, макролидам и линкозамидам, при этом в 100% случаях они были полирезистентными. Сре-

ди представителей семейства *Enterobacteriaceae* свыше 50 % изолятов *Escherichia coli* и *Proteus mirabilis* были устойчивы к антибиотикам из группы пенициллинов и фторхинолонов, полирезистентность выявлена у 16,6 % и 13,3 % культур, соответственно. Полученные результаты показывают, что помёт здоровых кур может являться источником антибиотикорезистентных бактерий для окружающей среды и подчёркивают необходимость его контроля с целью ограничения распространения устойчивости к противомикробным препаратам в агропромышленных экосистемах.

PROFILES OF ANTIBIOTIC RESISTANCE OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM THE DROPPINGS OF HEALTHY FARM BIRDS

Lysko S. B.* — Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher (ORCID ID 0009-0007-0086-6487); **Pleshakova V. I.** — Doctor of Veterinary Sciences (ORCID ID 0000-0001-7896-2339).

Federal State Budget Scientific Institution «Omsk Agrarian Scientific Center».

*zamdir@subniip.ru.

Financing: the research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FNUN-2025-0004).

ABSTRACT. *Bird droppings, widely used as organic fertilizer in agriculture, pose a serious threat to human health and the environment due to the presence of antibiotic residues and antibiotic resistance genes. Litter monitoring for the presence of antibiotic-resistant bacteria is an urgent task to minimize the risks of spreading antimicrobial resistance in the environment. The aim of the study was to study the species composition and antibiotic resistance profiles of bacteria isolated from the droppings of healthy poultry at seven enterprises in the Siberian region. A study of 280 litter samples from healthy laying hens and broiler chickens of different ages was conducted. The indication of microorganisms was carried out by methods generally accepted in microbiology using simple and differential diagnostic nutrient media, identification to the species was carried out using the technology of matrix laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-ToF MS). Bacterial resistance was studied by the disco-diffuse method. The sensitivity of 550 isolated isolates to 26 antibacterial drugs of various pharmacological groups was studied. Based on research, it was found that the microbiocenosis of the litter of healthy chickens is dominated by bacteria of the Enterobacteriaceae family — 46,0 % (Escherichia coli, Proteus mirabilis) and Staphylococcaceae — 29,8 %. When studying their antibiotic resistance profiles, representatives of the opportunistic microflora from the Staphylococcaceae family showed the greatest resistance to the studied antibiotics: 95—100 % of the cultures were resistant to penicillins, fluoroquinolones, tetracyclines, macrolides and lincosamides, while in 100 % of cases they were polyresistant. Among the representatives of the Enterobacteriaceae family, over 50 % of Escherichia coli and Proteus mirabilis isolates were resistant to antibiotics from the penicillin and fluoroquinolone group, polyresistance was detected in 16,6 % and 13,3 % of cultures, respectively.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фисинин, В. И. Динамика и перспективы развития мирового и отечественного птицеводства. Результаты работы яичного и мясного птицеводства России в 2024 году / В. И. Фисинин // Птицеводство. — 2025. — № 3. — С. 4—10.

2. Бочарова, А. А. Загрязнение атмосферного воздуха веществами отходов жизнедеятельности птиц птицеферм регионов России / А. А. Бочарова, А. Н. Забокрицкий // АПК: инновационные технологии. — 2024. — № 4(67). — С. 26—35. DOI: 10.35524/2687-0436_2024_04_25.

3. Янь, Л., Влияние отходов крупных птицефабрик на состояние окружающей среды: обзор литературы / Л. Янь, В. О. Лемешевский, С. Л. Максимова // Медицина труда и экология человека. — 2024. — № 4(40). — С. 38—52. DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10403.

4. Ahmad N., Joji R. M., Shahid M. Evolution and implementation of One Health to control the dissemination of antibiotic-resistant bacteria and resistance genes: A review. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2023;12:1065796.

REFERENCES

1. Fisinin, V. I. Dinamika i perspektivy razvitiya mirovogo i otechestvennogo ptitsevodstva. Rezul'taty raboty yaichnogo i myasnogo ptitsevodstva Rossii v 2024 godu / V. I. Fisinin // Ptitsevodstvo. 2025:3:4—10. https://www.poultrypress.ru/gallery/4-10.pdf (In Russ.).

2. Bocharova, A. A. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukha veshchestvami otkhodov zhiznedeyatel'nosti ptits ptitseferm regionov Rossii / A. A. Bocharova, A. N. Zabokritskii // APK: innovatsionnye tekhnologii. 2024:4(67):26—35. DOI: 10.35524/2687-0436_2024_04_25. (In Russ.).

3. Yan', L. Vliyanie otkhodov krupnykh ptitsefabrik na sostoyanie okruzhayushchei sredy: obzor literatury / L. Yan', V. O. Lemeshevskii, S. L. Maksimova // Meditsina truda i ehkologiya cheloveka. 2024:4(40):38—52. DOI 10.24412/2411-3794-2024-10403. (In Russ.).

4. Ahmad N., Joji R. M., Shahid M. Evolution and implementation of One Health to control the dissemination of antibiotic-resistant bacteria and resistance genes: A review. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2023;12:1065796.

5. Микробиом почвы и сельскохозяйственных культур при внесении компоста куриного помета / Н. Б. Наумова, Е. Н. Ручко, О. А. Савенков, В. И. Плешакова // Почвы и окружающая среда. — 2021. — Т. 4, № 1. DOI: 10.31251/pos.v4i1.141.

6. Сизова, Е. А., Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства / Е. А.Сизова, К. С.Нечитайло // Птицеводство. — 2024. — № 5. — С. 57—62. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.

7. Subirats J., Murray R., Scott A., Lau C. H., Topp E. Composting of chicken litter from commercial broiler farms reduces the abundance of viable enteric bacteria, Firmicutes, and selected antibiotic resistance genes. Science of the Total Environment. 2020;746:141113. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141113.

8. Ma J., Yang W., Li S., Yang Z., Qiao C., Liu D., Wang M. Comprehensive effects of tea branch biochar on antibiotic resistance profiles and C/N/S cycling in the compost microbiota of animal manure. Science of the Total Environment. 2024;957:177457. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.177457.

9. Cai M., Ma S., Hu R., Tomberlin J. K., Thomashow L. S., Zheng L., Li W., Yu Z., Zhang J. Rapidly mitigating antibiotic resistant risks in chicken manure by Hermetia illucens bioconversion with intestinal microflora. Environmental Microbiology. 2018;20(11):4051—4062. DOI: 10.1111/1462—2920.14450.

10. Tigabie M, Biset S, Belachew T, Amare A, Moges F. Multidrug-resistant and extended—spectrum beta—lactamase-producing Enterobacteriaceae isolated from chicken droppings in poultry farms at Gondar City, Northwest Ethiopia. PLoS One. 2023;18(6):e0287043. DOI: 10.1371/journal.pone.0287043.

11. Tigabie M., Assefa M. et al. Prevalence and antibiotic resistance patterns of Pseudomonas aeruginosa and Acinetobacter baumannii strains isolated from chicken droppings on poultry farms in Gondar city, Northwest Ethiopia. Science in One Health. 2024;4:100099. DOI: 10.1016/j.soh.2024.100099.

12. Mahmoud M. A. M., Abdel-Mohsein H. S. Hysterical tetracycline in intensive poultry farms accountable for substantial gene resistance, health and ecological risk in Egypt— manure and fish. Environmental Pollution. 2019;255(Pt 1):113039. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113039.

13. Langata L. M., Maingi J. M. et al.Antimicrobial resistance genes in Salmonella and Escherichia coli isolates from chicken droppings in Nairobi, Kenya. BMC Research Notes. 2019;12(1):22. DOI: 10.1186/s13104-019-4068-8.

14. Bushen A., Tekalign E., Abayneh M. Drug- and Multidrug-Resistance Pattern of Enterobacteriaceae Isolated from Droppings of Healthy Chickens on a Poultry Farm in Southwest Ethiopia. Infection and Drug Resistance. 2021;14:2051—2058. DOI: 10.2147/idr.s312185.

15. Shittu O. B., Uzairue L. I. et al.Antimicrobial resistance and virulence genes in Salmonella enterica serovars isolated from droppings of layer chicken in two farms in Nigeria. Journal of Applied Microbiology. 2022;132(5):3891—3906. DOI: 10.2147/idr.s312185.

16. Taskeen S., Singh R., Bedi J. S., Arora A. K., Aulakh R. S., Singh J. Occurrence, Multidrug Resistance, SCCmec Typing of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus from Farmed Eggs and Environment. Current Microbiology. 2024;82(1):47. DOI: 10.1007/s00284-024-04020-0.

5. Mikrobiom pochvy i sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pri vnesenii komposta kurinogo pometa / N. B. Naumova, E. N. Ruchko, O. A. Savenkov, V. I. Pleshakova // Pochvy i okruzhayushchaya sreda. 2021;4(1):35—49. DOI: 10.31251/pos.v4i1.141. (In Russ.).

6. Sizova, E. A. Formirovanie antibiotikorezistentnosti v usloviyakh intensivnogo ptitsevodstva / E. A. Sizova, K. S. Nechitailo // Ptitsevodstvo. 2024:5:57—62.

7. Subirats J., Murray R., Scott A., Lau C. H., Topp E. Composting of chicken litter from commercial broiler farms reduces the abundance of viable enteric bacteria, Firmicutes, and selected antibiotic resistance genes. Science of the Total Environment. 2020;746:141113. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141113.

8. Ma J., Yang W., Li S., Yang Z., Qiao C., Liu D., Wang M. Comprehensive effects of tea branch biochar on antibiotic resistance profiles and C/N/S cycling in the compost microbiota of animal manure. Science of the Total Environment. 2024;957:177457. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.177457.

9. Cai M., Ma S., Hu R., Tomberlin J. K., Thomashow L. S., Zheng L., Li W., Yu Z., Zhang J. Rapidly mitigating antibiotic resistant risks in chicken manure by Hermetia illucens bioconversion with intestinal microflora. Environmental Microbiology. 2018;20(11):4051—4062. DOI: 10.1111/1462—2920.14450.

10. Tigabie M, Biset S, Belachew T, Amare A, Moges F. Multidrug-resistant and extended—spectrum beta—lactamase-producing Enterobacteriaceae isolated from chicken droppings in poultry farms at Gondar City, Northwest Ethiopia. PLoS One. 2023;18(6):e0287043. DOI: 10.1371/journal.pone.0287043.

11. Tigabie M., Assefa M. et al. Prevalence and antibiotic resistance patterns of Pseudomonas aeruginosa and Acinetobacter baumannii strains isolated from chicken droppings on poultry farms in Gondar city, Northwest Ethiopia. Science in One Health. 2024;4:100099. DOI: 10.1016/j.soh.2024.100099.

12. Mahmoud M. A. M., Abdel-Mohsein H. S. Hysterical tetracycline in intensive poultry farms accountable for substantial gene resistance, health and ecological risk in Egypt— manure and fish. Environmental Pollution. 2019;255(Pt 1):113039. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113039.

13. Langata L. M., Maingi J. M. et al.Antimicrobial resistance genes in Salmonella and Escherichia coli isolates from chicken droppings in Nairobi, Kenya. BMC Research Notes. 2019;12(1):22. DOI: 10.1186/s13104-019-4068-8.

14. Bushen A., Tekalign E., Abayneh M. Drug- and Multidrug-Resistance Pattern of Enterobacteriaceae Isolated from Droppings of Healthy Chickens on a Poultry Farm in Southwest Ethiopia. Infection and Drug Resistance. 2021;14:2051—2058. DOI: 10.2147/idr.s312185.

15. Shittu O. B., Uzairue L. I. et al.Antimicrobial resistance and virulence genes in Salmonella enterica serovars isolated from droppings of layer chicken in two farms in Nigeria. Journal of Applied Microbiology. 2022;132(5):3891—3906. DOI: 10.2147/idr.s312185.

16. Taskeen S., Singh R., Bedi J. S., Arora A. K., Aulakh R. S., Singh J. Occurrence, Multidrug Resistance, SCCmec Typing of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus from Farmed Eggs and Environment. Current Microbiology. 2024;82(1):47. DOI: 10.1007/s00284-024-04020-0.

УДК: 619:578.831.31:615.371
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.46

КОНТРОЛЬ БЕЗВРЕДНОСТИ ИНТРАНАЗАЛЬНОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ РЕСПИРАТОРНО-СИНЦИТИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Стрельцова Я. Б. — кандидат биол. наук, научный сотрудник (ORCID 0000-0002-5898-9152); **Кашеваров Г. С.** — канд. биол. наук, зав. лаб. морфологических исследований (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Тарасова Е. Ю.*** — канд. биол. наук, зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Юсупова К. В.** — канд. ветеринар. наук, научный сотрудник (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Хузин Д. А.** — д-р. биол. наук, доцент, главный научный сотрудник (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Юсупов С. А.** — канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Потехина Р. М.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9395-832).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности».

*evgenechka1885@gmail.com.

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, кролики, вакцина, респираторно-синцитиальная инфекция, безвредность, патологоанатомическое исследование.*

Key words: *cattle, rabbits, vaccine, respiratory syncytial infection, harmlessness, postmortem examination.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *В связи с широким распространением респираторных вирусных заболеваний, в частности респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ) среди молодняка крупного рогатого скота, разработка вакцин для иммунизации телят раннего возраста, крайне актуальна. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка интраназальных вакцин, так как они наряду с общей иммунобиологической защитой способствуют выработке местного иммунитета слизистых оболочек. В свою очередь такой способ позволяет проводить иммунизацию, не опасаясь эффекта материнской блокады. В то же время, безопасности такого рода вакцин должно уделяться особое внимание, так как первые дни жизни являются наиболее критическим периодом для любых внешних воздействий. Целью данной работы являлось изучение безвредности кандидатной интраназальной вакцины против РСИ, разрабатываемой на базе ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», на модели лабораторных животных (кролики). Определение безвредности проводили в соответствии с ГОСТ 31926-2013 на кроликах породы шиншилла (по 3 головы в группе). Моновакцину в лиофилизированной форме предварительно ресуспендировали стерильным физиологическим раствором. При испытании на безвредность применяли интраназальный, внутрибрюшинный, внутримышечный и подкожный пути введения. Наблюдение за животными вели в течение 14 суток. Объем вводимой вакцины составил интраназально — 1,0 см^3, внутримышечно — 10,0 см^3, подкожно — 10,0 см^3, внутрибрюшинно — 10,0 см^3 на голову. Вакцину считали безвредной, если в течение этого времени не наблюдалось ухудшения общего состояния, видимых изменений тканей в месте введения, заболевания и гибели животных. Кроме того, через 14 суток проводили патологоанатомическое вскрытие кроликов с целью установления отсутствия системного негативного влияния вакцины на ткани и внутренние органы. Вскрытие осуществляли по методу Вирхова с измерением массы внутренних органов и вскрытием носовой полости для обследования слизистой лабиринта. Моновакцина против РСИ не вызывала проявления клинических признаков заболевания и гибели кроликов. Визуальный осмотр и сравнение показателей массы органов не выявили различий между группами (опытными и контрольными). Полученные результаты свидетельствуют о безвредности разрабатываемой вакцины.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Респираторные инфекции крупного рогатого скота, вызываемые вирусными агентами широко распространены в животноводческих хозяйствах, особенно в условиях промышленной технологии получения молочной и мясной продукции [1]. Экономические потери от вирусных респираторных заболеваний напрямую связаны с мертворождением или получением слабого потомства, снижением привесов и удоя, низкой оплодотворяемостью телок, а также затратами на профилактику и терапию [2]. В связи с этим для интенсивного развития скотоводства нашей страны разработка специфических средств профилактики респираторных инфекций является одной из актуальных задач.

Одним из широко распространенных возбудителей респираторных заболеваний молодняка КРС является респираторно-синцитиальной вирус (РСВ), к которому особенно восприимчивы телята в возрасте до 4 месяцев [3—5]. Предпосылками для развития респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ) служат нарушение зо-

огигиенических норм и потеря резистентности организма на фоне снижения активности материнских защитных антител [6—8]. Попадая в организм, вирус локализуется в эпителиальных клетках верхних дыхательных путей с последующим их разрушением. Соответственно признаками развития РСИ становятся лихорадка, кахексия, истечения из носовых ходов, одышка и кашель. Течение РСИ могут отягощать вторичные бактерийные и другие вирусные патогены, увеличивая процент летальности [9, 10].

Для профилактики заболеваемости РСИ можно применять интраназальную вакцинацию телят первых дней жизни живой аттенуированной вакциной, активирующей не только системный, но и локальный иммунный ответ слизистых оболочек [5] с последующей внутримышечной ревакцинацией. В связи с этим в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» ведется разработка такой вакцины.

Респираторные инфекции представляют серьезную угрозу для телят в первые недели жизни, что обусловливает необходимость быстрого формирования поствакцинального иммунитета. У большинства телят в возрасте до трех месяцев в сыворотке крови присутствуют материнские антитела, полученные с молозивом. Данные антитела не обеспечивают надежной защиты от инфекционных агентов, однако способны интерферировать с индукцией активного иммунитета при системной вакцинации. Интраназальный способ иммунизации позволяет преодолеть супрессивное влияние материнских антител и индуцировать протективный иммунный ответ в раннем постнатальном периоде. Телята рождаются агаммаглобулинемичными, и пассивный перенос иммуноглобулинов через молозиво является критическим для поддержания иммунного гомеостаза. Несмотря на несомненные преимущества пассивной иммунизации, высокие титры материнских антител ассоциированы с отсроченной выработкой собственных антител и селективным ингибированием лимфоцитарных реакций. Феномен материнской блокады обусловливает проблему ранней вакцинации, поскольку циркуляция антител может сохраняться до шестимесячного возраста. Учитывая, что респираторные инфекции являются ведущей причиной заболеваемости и смертности молочных телят до перевода в профилакторий, разработка эффективных стратегий ранней иммунизации представляет высокую практическую значимость. Экспериментально подтверждено, что телята в возрасте 3—8 суток способны формировать мукозальный иммунный ответ независимо от наличия материнских антител [9—11].

Разработка живых аттенуированных вакцин для интраназального применения имеет ряд преимуществ перед парентеральной иммунизацией. Во-первых, вариабельность пассивного переноса иммуноглобулинов затрудняет прогнозирование сроков эффективной сероконверсии при системной вакцинации. Интраназальная иммунизация обеспечивает иммунологическую подготовку молодняка на фоне циркулирующих материнских антител. При снижении титра последних до субпротективного уровня вакцинированные животные уже обладают активным иммунитетом, что позволяет избежать «иммунологического окна» восприимчивости к вирусным инфекциям. Во-вторых, мукозальная вакцинация индуцирует преимущественно местный (IgA-ассоциированный) иммунный ответ, что способствует элиминации возбудителя на входных воротах инфекции и предотвращает развитие заболевания, а не только снижает его тяжесть. Данный механизм особенно значим для респираторно-синцитиального вируса (РСВ), репликация которого происходит в эпителиальных клетках респираторного тракта. Интраназальные вакцины моделируют естественный инфекционный процесс при проникновении патогена через слизистую оболочку носа, что обеспечивает более физиологичную иммунную защиту. Эффективность интраназальной вакцинации в присутствии материнских антител подтверждена многочисленными экспериментальными исследованиями с последующим контрольным заражением [12, 13]. Учитывая, что респираторные заболевания остаются основной причиной смертности телят, необходимость ранней защиты новорожденных не вызывает сомнений.

Таким образом, разработка импортозамещающей живой вакцины на основе аттенуированного штамма возбудителя РСИ является актуальной задачей современной биотехнологии.

Благодаря анатомо-физиологическим особенностям верхних дыхательных путей и реактивности иммунной системы, кролики являются оптимальными и чувствительными лабораторными животными для оценки безвредности интраназальных препаратов в ветеринарной фармакологии и токсикологии. Поэтому целью данной работы являлось изучение безвредности разрабатываемой живой вакцины против РСИ на модели лабораторных животных (кролики).

Ранее нами была изучена безвредность разрабатываемой живой вакцины против РСИ на белых мышах [14], являющихся базовой моделью для первичного скрининга. Использование мышей и кроликов для доклинической оценки безопасности вакцин является общепринятой мировой практикой, закрепленной в фармакопейных требованиях, и позволяет гарантировать, что вакцина безопасна перед переходом к клиническим испытаниям на целевом виде животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Объекты исследования — экспериментальная серия живой вакцины против РСИ для интраназальной иммунизации телят с первых дней жизни, а также лабораторные животные (кролики).

Вакцина представляет собой лиофилизат светло-желтого цвета для приготовления раствора

для интраназального введения и растворитель — бесцветную прозрачную жидкость (физиологический раствор) для интраназального введения. Вакцина изготовлена из культуральной жидкости перевиваемой линии культуры клеток легкого эмбриона коровы, инфицированной аттенуированным вирусом возбудителя респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота с защитной средой в соотношении 1:1. В одной иммунизирующей дозе вакцины содержится аттенуированный штамм «РБ23» возбудителя респираторно-синцитиального инфекции не менее 4,5±0,18 lg ТЦД50 /см3. Вакцина расфасована в стеклянные ампулы по 1 дозе (2,0 $см^3$), растворитель — по 2,0 $см^3$. Флакон с вакциной и ампула с растворителем упакованы в картонную коробку.

Определение безвредности разрабатываемой живой вакцины против РСИ проводили в соответствии с ГОСТ 31926-2013 [15] на кроликах породы шиншилла. По принципу аналогов было сформировано 8 групп кроликов по 3 особи в каждой в возрасте 4 месяцев. При выполнении исследования были соблюдены все необходимые зоогигиенические условия, включая свободное поение и рацион, соответствующий возрастным потребностям животных.

При испытании на безвредность применяли интраназальный, внутрибрюшинный, внутримышечный и подкожный методы введения. Кролики 1—4 групп являлись контрольными и были иммунизированы стерильным физиологическим раствором, выступающим в качестве растворителя для лиофильно высушенной вакцины против РСИ. Соответственно, кролики первой группы — интраназально с помощью специального аппликатора в дозе 1,0 $см^3$ (по 0,5 $см^3$ в каждую ноздрю), второй группы –внутримышечно в дозе 10,0 $см^3$ (по 5 $см^3$ в две точки), третьей группы — подкожно в дозе 10,0 $см^3$, четвертой группы — внутрибрюшинно в дозе 10,0 $см^3$ на голову 10,0 $см^3$ на голову 10,0 $см^3$, кролики пятой, шестой, седьмой, восьмой групп были иммунизированы аналогично предварительно ресуспендированной стерильным физиологическим раствором моновакциной против РСИ. В период проведения испытания вели наблюдение за животными в течение 14 суток, отмечая отклонения от нормального поведения и клинического состояния.

Кроликов выводили из эксперимента с соблюдением «Международных рекомендаций этического кодекса по проведению медико-биологических исследований с использованием лабораторных животных». Предварительно был выполнен наружный осмотр и взвешивание животных. Вскрытие осуществляли по методу Вирхова. Доступ к полостям тела осуществлялся путем продольного рассечения по белой линии живота от паха до основания нижней челюсти с последующим изолированным извлечением органов.

Вакцину считали безвредной, если в течение этого времени не наблюдалось ухудшения общего состояния, видимых изменений тканей в месте введения, заболевания и гибели животных. Кроме того, через 14 суток проводили патологоанатомическое вскрытие кроликов с целью установления отсутствия системного негативного влияния моновакцины на ткани и внутренние органы. Вскрытие осуществляли по методу Вирхова с измерением массы внутренних органов и вскрытием носовой полости для обследования слизистой лабиринта (для первой и пятой групп кроликов соответственно). Взвешивание органов проводили на весах аналитических Aczet CY-124 C, состояние внутренних органов оценивали макроскопически.

Статистическую обработку данных проводили на персональном компьютере в программах Statistica 6.0 и MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Моновакцина против РСИ не вызывала гибели кроликов и проявления клинических признаков заболевания (табл. 1).

Поведение кроликов, иммунизированных интраназально, внутримышечно, подкожно и внутрибрюшинно моновакциной против РСИ, не отличались от такового контрольных животных (1—4 группы) на всем протяжении эксперимента. Животные были спокойны, внешний вид, состояние шерстного покрова, пищевая возбудимость находились в пределах физиологической нормы.

Слезотечения, воспаления, помутнения роговицы не отмечалось. Воспаления ушей, выделения секрета, подергивания ушей не наблюдалось, отека конечностей и изменения кожи не регистрировали. Физиологические функции не изменялись: характер дыхания был ровным, без особенностей, патологического слюноотделения не было, мочеиспускание и цвет мочи были естественными, кал был нормальной консистенции. Различий в клинической картине у самцов и самок не отмечалось.

Таблица 1 — Изучение безвредности живой моновакцины против РСИ на кроликах (n=3)
Table 1 — Study of the safety of a live monovalent vaccine against RSI in rabbits (n=3)

Наименование	Способ введения	Доза, $см^3$	Количество животных в опыте		Заключение
			Иммунизировано	Выжило	
Моновакцина против РСИ	Интраназально	1,0	3	3	Безвредно
	Внутримышечно	10,0	3	3	Безвредно
	Подкожно	10,0	3	3	Безвредно
	Внутрибрюшинно	10,0	3	3	Безвредно

Сразу после подкожного и внутримышечного введения моновакцины против РСИ, также как и в аналогичных контрольных группах (где вводили растворитель (стерильный физиологический раствор)) в месте введения образовывался небольшой бугорок, обусловленный большим объемом вводимого раствора (десятикратное превышение иммунизирующей дозы), который быстро рассасывался. Повышения температуры тела в местах внутримышечных и подкожных введений, по сравнению с окружающими тканями, не наблюдалось. При вскрытии мест введения через 14 суток после иммунизации изменений в тканях не отмечалось, признаки воспаления отсутствовали.

При внешнем осмотре животных всех групп анатомических отклонений не выявлено. Кролики соответствовали плотному типу конституции, жировая ткань была выражена слабо при хорошо развитой мускулатуре. Туловище пропорциональное, грудь широкая, форма живота ровная. Шерстный покров равномерный, волос хорошо удерживался в луковицах при выдергивании. Кожа эластичная, роговые производные ее твердые.

Окружающие ротовое отверстие кожные покровы чистые, слизистая рта блестящая, светло-розовая. Прикус и положение языка анатомически правильные. Покровы верхушки носа и окружающие ткани без наложений. Слизистые носовой полости без видимых изменений (рис. 1).

Плевра, выстилающая грудную полость, блестящая, гладкая, розового цвета, с хорошо дифференцирующимся сосудистым рисунком (рис. 2). Перикард аналогично гладкий и блестящий. Сердце анатомически правильной формы, количество эпикардиальной жировой клетчатки умеренное. Миокард плотный, волокнистое строение сохранено.

Положение легких анатомически правильное, поверхность органа гладкая бледно-розового цвета, реже с наличием багряных пятен различной формы и размеров, иногда сливающихся воедино. На разрезе в паренхиме чередуются участки умеренного кровенаполнения (светло-розовые) и

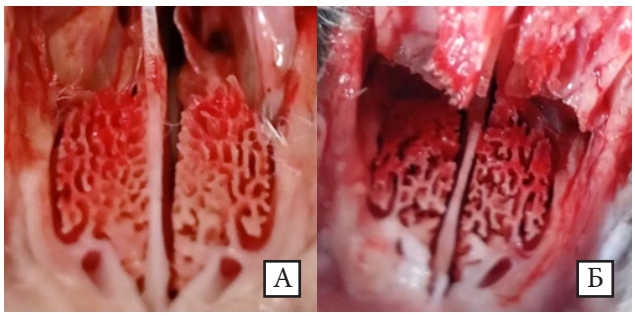


Рисунок 1 *— Лабиринт решетчатой кости. А – первая группа; Б – пятая группа.*

Figure 1 *— Labyrinth of the ethmoid bone. A – first group; B – fifth group.*

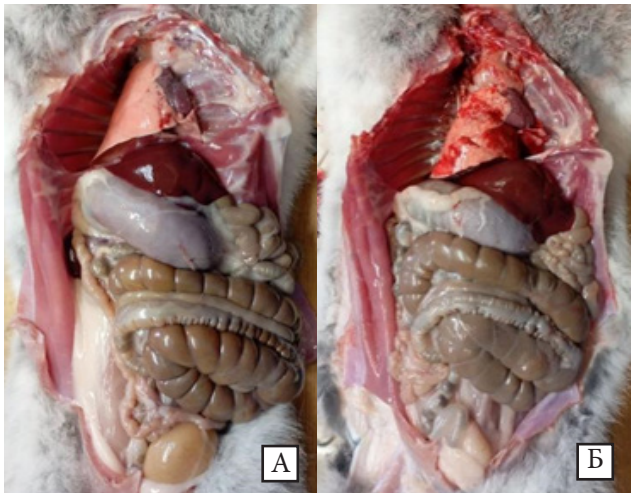


Рисунок 2 *— Органы грудной и брюшной полостей (общий вид на примере первой и пятой групп). А – первая группа; Б – пятая группа.*

Figure 2 *— Organs of the thoracic and abdominal cavities (general view using the first and fifth groups as examples). A – first group; B – fifth group.*

гиперемии (ярко-красные), с поверхности разреза стекает красная жидкость. Изменения в легких (цвет поверхности и паренхимы) незначительны и являются посмертными (связаны с процессом убоя животных). Трахея и бронхи визуально не изменены.

Таблица 2 — Абсолютная масса внутренних органов кроликов при различных путях введения изучаемой вакцины (n=3)

Table 2 — Absolute weight of internal organs of rabbits with different routes of administration of the studied vaccine (n=3)

Наименование	Группа	Способ введения	Масса органа, г				
			Печень	Сердце	Легкие	Почки	Селезенка
Растворитель (контроль)	1	Интраназально	64,20±2,54	8,39±0,34	24,84±2,01	15,73±1,02	1,71±0,30
	2	Внутримышечно	62,50±2,11	8,45±0,33	23,73±2,21	16,07±1,14	1,78±0,04
	3	Подкожно	64,09±3,13	8,03±0,46	24,44±2,56	16,66±0,54	1,61±0,24
	4	Внутрибрюшинно	62,68±1,82	8,29±0,35	22,59±0,91	16,53±0,48	1,75±0,27
Моновакцина против РСИ	5	Интраназально	66,66±0,73	8,82±0,48	25,38±0,75	15,04±1,81	1,90±0,19
	6	Внутримышечно	67,55±2,32	8,71±0,48	25,14±2,25	15,46±1,16	1,57±0,15
	7	Подкожно	63,75±2,16	8,52±0,35	24,02±1,16	16,95±1,76	1,64±0,13
	8	Внутрибрюшинно	64,58±2,18	8,57±0,20	24,04±1,83	16,17±1,29	1,96±0,11

Купол диафрагмы расположен правильно, без нарушения целостности. Брюшина влажная, гладкая, блестящая, розового цвета, сосуды умеренного кровенаполнения. Сальник представлен умеренным количеством жира кремового оттенка. Брыжейка хорошо развита, равномерная, прозрачная, сосудистый рисунок дифференцируется. Селезенка анатомически правильной формы, края ровные, поверхность гладкая, блестящая. Паренхима на разрезе влажная, соскоб однородный. Края печени ровные, поверхность гладкая, блестящая. Паренхима на разрезе темно-коричневого цвета, крупные сосуды хорошо дифференцируются, запустелые. Желчный пузырь без анатомических изменений. Почки бобовидной формы, окружены фиброзной капсулой, легко отделяемой от органа, поверхность гладкая, блестящая, коричневого цвета. На разрезе в паренхиме четко выделяются корковая и мозговая зоны. Пищевод, желудок, а также тонкий и толстый отделы кишечника без анатомических изменений.

Помимо макроскопической оценки органов были выполнены измерения их массы. Соотношение среднего веса органов, соответствующих контрольных и опытных групп при различных путях введения изучаемой вакцины представлено в таблице 2.

Согласно полученным данным, достоверных различий между средним весом органов контрольных и опытных групп кроликов не наблюдалось. Результаты измерений находились в пределах референсных значений среднего веса органов кроликов [16].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Таким образом, изучаемая моновакцина против РСИ не вызвала гибели кроликов и проявления клинических признаков заболевания. Визуальный осмотр и сравнение показателей массы органов не выявили различий между группами. При патологоанатомическом исследовании животных, иммунизированных кандидатной вакциной против РСИ, патологических изменений не наблюдалось, что подтверждается сравнением с данными, полученными при вскрытии животных контрольных групп.

В результате проведённого доклинического исследования установлено, что разработанная живая аттенуированная вакцина против респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ) крупного рогатого скота безвредна при различных путях введения лабораторным животным. Отсутствие клинических проявлений и патоморфологических изменений свидетельствует о сохранении стабильных аттенуирующих мутаций в геноме вакцинного штамма.

Таким образом, разработанная живая аттенуированная вакцина против РСИ отвечает критериям безвредности, предъявляемым к иммунобиологическим препаратам, предназначенным для применения в ветеринарии. Установленная безопасность препарата на лабораторных животных (мышах и кроликах) при различных путях введения позволяет рекомендовать вакцину для следующего этапа доклинических исследований, включающего: оценку иммуногенной активности на целевых видах животных (телятах) с определением динамики накопления специфических антител в сыворотке крови и секретах слизистых оболочек; изучение протективных свойств вакцины при контрольном заражении вирулентным штаммом РСИ; определении оптимальной иммунизирующей дозы и кратности введения; исследовании влияния материнских антител на эффективность вакцинации и способности препарата индуцировать иммунитет у телят раннего возраста.

Успешное завершение указанных этапов станет основанием для проведения широких производственных испытаний и последующего внедрения импортозамещающей вакцины в практику ветеринарных служб животноводческих хозяйств, что будет способствовать снижению заболеваемости и смертности телят от респираторных инфекций.

CONTROL OF THE SAFETY OF INTRANASAL VACCINE AGAINST RESPIRATORY SYNCYTIAL INFECTION OF CATTLE

Streltsova Ya. B. — Candidate of Biological Sciences, researcher (ORCID 0000-0002-5898-9152); **Kashevarov G. S.** — Candidate of Biological Sciences, head of the morphological research laboratory (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Tarasova E. Yu**. * — Head of the Laboratory of Veterinary Sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Yusupova K. V.** — Candidate of Veterinary Sciences, Researcher (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Khuzin D. A.** — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-2338-4997); **Yusupov S. A.** — Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-1333-2974); **Potekhina R. M.** — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-9395-8327).

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety.

* evgenechka1885@gmail.com.

ABSTRACT. *Due to the widespread prevalence of respiratory viral diseases, particularly respiratory syncytial infection (RSI), among young cattle, the development of vaccines for immunizing young calves is extremely important. One of the most promising areas is the development of intranasal vaccines, as they, along with general immunobiological protection, promote the development of local immunity in the mucous membranes. This method, in turn, allows for immunization without the risk of maternal blockade. At the*

same time, the safety of such vaccines should be given special attention, as the first days of life are the most critical period for any external influences. The aim of this study was to evaluate the safety of a candidate intranasal RSI vaccine, being developed at the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, using a laboratory animal model (rabbits). Safety testing was conducted in accordance with GOST 31926-2013 on Chinchilla rabbits (three animals per group). The lyophilized monovalent vaccine was pre-suspended in sterile saline. Intranasal, intraperitoneal, intramuscular, and subcutaneous administration routes were used for safety testing. Animals were observed for 14 days. The volume of vaccine administered was 1,0 cm^3 intranasally, 10,0 cm^3 intramuscularly, 10,0 cm^3 subcutaneously, and 10,0 cm^3 intraperitoneally per animal. The vaccine was considered safe if no deterioration in the general condition, visible tissue changes at the injection site, illness, or death of the animals was observed during this period. In addition, after 14 days, a postmortem autopsy of the rabbits was performed to determine the absence of a systemic negative effect of the vaccine on tissues and internal organs. Autopsy was performed using the Virchow method, with measurement of the weight of internal organs and opening of the nasal cavity to examine the labyrinth mucosa. The monovalent vaccine against RSI did not cause clinical signs of the disease or mortality in rabbits. Visual inspection and comparison of organ weights revealed no differences between the experimental and control groups. These results demonstrate the safety of the vaccine being developed.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Murray, G. M. Pathogens, patterns of pneumonia, and epidemiologic risk factors associated with respiratory disease in recently weaned cattle in Ireland / G. M. Murray, S. J. More, D. Sammin // J. Vet. Diagn. Invest. — 2017. — Vol. 29, № 1. — P. 20—34. DOI 10.1177/1040638716674757.

2. Красочко, П. П. Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота (обзор) / П. П. Красочко, К. В. Колесникович // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. — 2023. — № 1. — С. 15—19.

3. Изучение антигенных свойств ассоциированной вакцины против ИРТ, ВД-БС, ПГ-3 и хламидиоза крупного рогатого на кроликах / И. Р. Акбашев, С. В. Садыкова, Л. М. Яшагина [и др.] // Ветеринарный врач. — 2024. — № 2. — С. 39—42. DOI 10.33632/1998-698X_2024_2_39.

4. Глотов, А. Г. Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота / А. Г. Глотов, Т. И. Глотова // Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии имени Я. Р. Коваленко. — 2021. — Т. 82, № 1. — С. 65—71. DOI 10.31016/viev-2021-18-9.

5. Comparative effectiveness of intranasal and parenteral vaccines for prevention of bovine respiratory disease in feedlot heifers / J. I. Szasz, T. C. Bryant, K. S. Blood [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — Vol. 39 (5). — P. 273—281. DOI 10.15232/aas.2023-02396.

6. Дизайн специфических олигонуклеотидов для выявления контаминации культур клеток возбудителем вирусной диареи и микоплазмами при разработке интраназальной вакцины против респираторных болезней новорожденных телят / Н. И. Хаммадов, М. Е. Горбунова, М. А. Ефимова [и др.] // Ветеринарный врач. — 2025. — № 3. — С. 98—104. DOI 10.33632/1998698X_2025_3_98.

7. Коровкин, А.С. Профилактика респираторно—синцитиальной вирусной инфекции: современное состояние и перспективы разработки вакцин / А. С. Коровкин, Д. В. Горенков, А. Р. Волгин // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. — 2024. — № 24(3). — С. 255—269. DOI 10.30895/2221-996X-2024-24-3-255-26.

8. Vaccination of calves at day of birth with attenuated vaccines against bovine respiratory syncytial virus, bovine parainfluenza type 3 virus and respiratory bovine coronavirus / M. H. van Rooij, M. Schmitz [et al.] // Veterinary Vaccine. — 2023. — Vol. 2 (1). — 100014. DOI 10.1016/j.vetvac.2023.100014.

9. Modified—live versus inactivated respiratory viral vaccines for revaccinating beef calves at weaning / C.A.

REFERENCES

1. Murray, G. M. Pathogens, patterns of pneumonia, and epidemiologic risk factors associated with respiratory disease in recently weaned cattle in Ireland / G. M. Murray, S. J. More, D. Sammin // J. Vet. Diagn. Invest. — 2017. — Vol. 29, № 1. — P. 20—34. DOI 10.1177/1040638716674757.

2. Krasochko, P. P. Respiratory syncytial infection of cattle (review) / P. P. Krasochko, K. V. Kolesnikovich // Epizootology, immunobiology, pharmacology and sanitation. — 2023. — No. 1. — P. 15—19. (In Russ.)

3. Study of antigenic properties of the associated vaccine against IRT, VD-BS, PG-3 and bovine chlamydia in rabbits / I. R. Akbashev, S. V. Sadykova, L. M. Yashagina [et al.] // Veterinarian. — 2024. — No. 2. — P. 39—42. DOI 10.33632/1998—698X_2024_2_39. (In Russ.)

4. Glotov, A. G. Respiratory syncytial infection of cattle / A. G. Glotov, T. I. Glotova // Proceedings of the All—Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after Ya.R. Kovalenko. — 2021. — Vol. 82, No. 1. — P. 65—71. DOI 10.31016/viev-2021-18-9. (In Russ.)

5. Comparative effectiveness of intranasal and parenteral vaccines for prevention of bovine respiratory disease in feedlot heifers / J. I. Szasz, T. C. Bryant, K. S. Blood [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — Vol. 39 (5). — P. 273—281. DOI 10.15232/aas.2023-02396.

6. Design of specific oligonucleotides for detection of contamination of cell cultures with the causative agent of viral diarrhea and mycoplasmas in the development of an intranasal vaccine against respiratory diseases of newborn calves / N. I. Khammadov, M. E. Gorbunova, M. A. Efimova [et al.] // Veterinarian. — 2025. — No. 3. — P. 98—104. DOI 10.33632/1998698X_2025_3_98. (In Russ.)

7. Korovkin, A.S. Prevention of respiratory syncytial virus infection: current status and prospects for vaccine development / A.S. Korovkin, D.V. Gorenkov, A.R. Volgin // BIOpreparations. Prevention, diagnostics, treatment. — 2024. — No. 24 (3). — P. 255—269. DOI 10.30895/2221-996X-2024-24-3-255-26 (In Russ.)

8. Vaccination of calves at day of birth with attenuated vaccines against bovine respiratory syncytial virus, bovine parainfluenza type 3 virus and respiratory bovine coronavirus / M. H. van Rooij, M. Schmitz [et al.] // Veterinary Vaccine. — 2023. — Vol. 2 (1). — 100014. DOI 10.1016/j.vetvac.2023.100014.

9. Modified—live versus inactivated respiratory viral vaccines for revaccinating beef calves at weaning / C.A.

McNeff, C.A. Robison, B.K. Wilson [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — № 39 (1). — С. 1—13.

10. Comparative effectiveness of intranasal and parenteral vaccines for prevention of bovine respiratory disease in feedlot heifers / J. I. Szasz, T. C. Bryant [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — Vol. 39 (5). — P. 273—281. DOI 10.15232/aas.2023-02396.

11. Chamorro M. F., Palomares R. A. Bovine respiratory disease vaccination against viral pathogens. Modified—live versus inactivated antigen vaccines, intranasal versus parenteral, what is the evidence? // Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. — 2020. — № 36. — P. 461—472. DOI 10.1016/j.cvfa.2020.03.006.

12. Mucosal immune response in newborn Holstein calves that had maternally derived antibodies and were vaccinated with an intranasal multivalent modified—live virus vaccine / K. L. Hill, B. D. Hunsaker, H. G. Townsend, S. van Drunen Littelvan den Hurk, P. J. Griebel // J. Am. Vet. Med. Assoc. — 2012. — Vol. 240. — P. 1231—1240. DOI 10.2460/javma.240.10.1231.

13. Vaccination of calves at day of birth with attenuated vaccines against bovine respiratory syncytial virus, bovine parainfluenza type 3 virus and respiratory bovine coronavirus / M. H. van Rooij, M. Schmitz [et al.] // Veterinary Vaccine. — 2023. — Vol. 2 (1). — 100014. DOI 10.1016/j.vetvac.2023.100014.

14. Изучение безвредности моновакцин для профилактики инфекционного ринотрахеита, парагриппа-3, респираторно-синцитиальной инфекции / П. В. Быкова, Е. Ю. Тарасова [и др.] // Ветеринарный врач. — 2025. — № 6. — С. 78—83. DOI 10.33632/1998-698X_2025_6_78.

15. ГОСТ 31926—2013. Средства лекарственные для ветеринарного применения. Методы определения безвредности. М.: Стандартинформ, 2014. — 17 с.

16. Рощина, Е. А. Референсные интервалы по массовым коэффициентам органов кроликов и их абсолютным значениям / Е. А. Рощина // Лабораторные животные для научных исследований. — 2022. — № 1. — С. 34—42. DOI 10.29296/2618723X-2022-01-05.

McNeff, C.A. Robison, B.K. Wilson [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — № 39 (1). — С. 1—13.

10. Comparative effectiveness of intranasal and parenteral vaccines for prevention of bovine respiratory disease in feedlot heifers / J. I. Szasz, T. C. Bryant [et al.] // Applied Animal Science. — 2023. — Vol. 39 (5). — P. 273—281. DOI 10.15232/aas.2023-02396.

11. Chamorro M. F., Palomares R. A. Bovine respiratory disease vaccination against viral pathogens. Modified—live versus inactivated antigen vaccines, intranasal versus parenteral, what is the evidence? // Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. — 2020. — № 36. — P. 461—472. DOI 10.1016/j.cvfa.2020.03.006.

12. Mucosal immune response in newborn Holstein calves that had maternally derived antibodies and were vaccinated with an intranasal multivalent modified—live virus vaccine / K. L. Hill, B. D. Hunsaker, H. G. Townsend, S. van Drunen Littelvan den Hurk, P. J. Griebel // J. Am. Vet. Med. Assoc. — 2012. — Vol. 240. — P. 1231—1240. DOI 10.2460/javma.240.10.1231.

13. Vaccination of calves at day of birth with attenuated vaccines against bovine respiratory syncytial virus, bovine parainfluenza type 3 virus and respiratory bovine coronavirus / M. H. van Rooij, M. Schmitz [et al.] // Veterinary Vaccine. — 2023. — Vol. 2 (1). — 100014. DOI 10.1016/j.vetvac.2023.100014.

14. Determination of the safety of monovaccines for the prevention of infectious rhinotracheitis, parainflunga-3, and respiratory syncytial infection / P. V. Bykova, E. Yu. Tarasova [et al.] // Veterinarian. — 2025. — No. 6. — P. 78—83. DOI 10.33632/1998-698X_2025_6_78. (In Russ.)

15. GOST 31926—2013. Veterinary medicinal products. Methods for determining safety. Moscow: Standartinform, 2014. — 17 p. (In Russ.)

16. Roshchina, E. A. Reference intervals for mass coefficients of rabbit organs and their absolute values / E. A. Roshchina // Laboratory animals for scientific research. — 2022. — No. 1. — P. 34—42. DOI 10.29296/2618723X-2022-01-05. (In Russ.)

УДК: 619:616.995.1:636.22/28 (571.513)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.53

ЭПИЗООТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ПО ОСНОВНЫМ ПАРАЗИТОЗАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Мельцов И. В.[1]* — канд. ветеринар. наук, доцент кафедры специальных ветеринарных дисциплин (ORCID 0000-0001-8566-7004); **Батомункуев А. С.**[1] — д-р ветеринар. наук, заведующий кафедрой специальных ветеринарных дисциплин, доцент (ORCID 0000-0002-2263-6355), ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ; **Сухинин А. А.**[2] — д-р биол. наук, заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии, профессор (ORCID 0000-0002-1245-3440).

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского».

[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*ivanmeltsov@mail.ru.

Ключевые слова: *паразитозы, экстенсивность инвазии, крупный и мелкий рогатый скот, лошади, свиньи, птица.*

Keywords: *parasitoses, extensiveness of invasion, cattle and small ruminants, horses, pigs, poultry.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Развитие животноводства в Российской Федерации на современном технологическом, инновационном уровне является составной частью государственной программы повышения эффективности сельского хозяйства. Увеличение производства молока, мяса и других продуктов питания имеет стратегическое значение как важный показатель роста экономики страны и оптимизации внешнеэкономических отношений. Один из сдерживающих факторов развития животноводства — инвазионные болезни. Они наносят значительный ущерб хозяйствам за счет массовой гибели животных во время энзоотий, недоразвития молодняка, снижения устойчивости к инфекционным и незаразным болезням, продуктивности и плодовитости скота, а также ухудшения качества мяса и шкур, роста затрат на ветеринарно-санитарные мероприятия. В статье представлены результаты исследования по изучению распространенности паразитарных болезней среди поголовья сельскохозяйственных животных и птиц в животноводческих, птицеводческих предприятиях, а также предприятиях разных форм собственности Иркутской области. В период с 2015 по 2023 года среди паразитарных болезней сельскохозяйственных животных и птиц доминировали нематодозы со среднемноголетним показателем экстенсивности инвазии: у крупного рогатого скота 12,8±1,11 % (r=0,68; P≤0,001), лошадей — 22,9±4,05 % (r=-0,18; P≤0,001), мелкого рогатого скота — 17,4±2,86 % (r=0,14; P≤0,05), свиней — 13,5±1,82 % (r=-0,40; P≤0,01) и птицы — 4,3±2,46 % (r=0,34).*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Развитие животноводства в Российской Федерации на современном технологическом, инновационном уровне является составной частью государственной программы повышения эффективности сельского хозяйства.

Увеличение производства молока, мяса и других продуктов питания имеет стратегическое значение как важный показатель роста экономики страны и оптимизации внешнеэкономических отношений. Один из сдерживающих факторов развития животноводства — инвазионные болезни [1, 2]. Они наносят значительный ущерб хозяйствам за счет массовой гибели животных во время энзоотий, недоразвития молодняка, снижения устойчивости к инфекционным и незаразным болезням, продуктивности и плодовитости скота, а также ухудшения качества мяса и шкур, роста затрат на ветеринарно-санитарные мероприятия [3—5].

Исходя из этого, актуальным вопросом является ежегодный мониторинг неблагополучных по основным паразитозам территорий Российской Федерации среди поголовья сельскохозяйственных животных и птиц [6—12]. Оценка эпизоотической ситуации по основным паразитарным болезням в регионе критически важна для эффективного планирования лечебно-профилактических мероприятий [13, 14].

Цель: Оценка уровеня распространенности ведущих паразитозов у сельскохозяйственных животных и птиц в Иркутской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена на базе кафедры специальных ветеринарных дисциплин факультета биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Ретроспективный анализ эпизоотической ситуации по паразитарным бо-

лезням животных (крупный и мелкий рогатый скот, лошади, свиньи) и птиц на территории Иркутской области проводился по отчетным формам Службы ветеринарии Иркутской области, Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ВНИИЗЖ) в период с 2015 по 2023 года, а также лабораторий станций по борьбе с болезнями животных (СББЖ), расположенных на территории области.

Статистическая обработка материалов проводилась в соответствии с общепринятыми методами [15]:

1. Для измерения эпизоотологических проявлений паразитозов определяли экстенсивность инвазии (отношения числа зараженных животных к общему числу обследованных животных, %):

$$Э = \frac{Ч_з}{Ч_ж} \times 100, \text{ где}$$

Э — экстенсивность инвазии; Чз — количество зараженных животных; Чж — общее число обследованных животных.

2. Определяли многолетнюю динамику экстенсивности инвазии (глубина ретроспекции 9 лет) с использованием линейной линии тренда.

3. Оценку временных границ эпизоотического процесса паразитарных болезней животных и птиц определяли по индексу эпизоотичности (ИЭ), в долях единицы:

$$ИЭ = \frac{\text{Количество лет, в течение которых диагностировали гельминтоз}}{\text{Количество наблюдаемых лет}}$$

Диагностику паразитозов сельскохозяйственных животных проводили по ГОСТ Р 54627-2011 «Животные сельскохозяйственные жвачные: Методы лабораторной диагностики гельминтозов»; ГОСТ 25383-82 (СТ СЭВ 2547-80) «Животные сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики кокцидиоза»; Методические указания по лабораторным исследованиям на трипаносомозы лошадей, верблюдов, ослов, мулов и собак №13-7-2/150 от 6 сентября 1994 года; Методические указания по лабораторной диагностике хламидийных инфекций у животных №31-7-2/643 30 июня 1999 года.

В таблице 1 приведены данные об объеме проб, отобранных для диагностики паразитозов сельскохозяйственных животных и птиц в период с 2015 по 2023 год. Общее количество исследованных проб за указанный период составило 499408, в том числе от крупного рогатого скота — 167389, лошади — 250165, мелкого рогатого скота — 42709, свиньи — 35055 и птиц — 4090.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. За период исследования с 2015 по 2023 года нематодозы представляли собой наиболее значимую группу паразитарных заболеваний крупного рогатого скота в Иркутской области, о чем свидетельствует индекс эпизоотичности, равный 1. За этот период был зафиксирован 5721 случай заражения круглыми червями, что составило более половины (51 %) всех выявленных паразитозов у крупного рогатого скота. Показатель экстенсивности инвазии составил 12,8±1,11 % (r=0,68; P≤0,001).

Нозологический профиль паразитозов крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Иркутской области за период с 2015 по 2023 года представлен на рисунке 1.

Из данных рисунка 1 мы видим, что протозоозы были второй по частоте встречаемости инвазией крупного рогатого скота в течение исследуемого периода. Было зарегистрировано 3008 случаев заражения, что составляет 27 % от общего числа паразитозов. Индекс эпизоотичности для протозоозов равен 1, а показатель экстенсивности инвазии — 10,5±2,36 % (r=0,14). Трематодозы были выявлены у 1395 животных (12 %), с индексом эпизоотичности 1 и показателем экстенсивности 2,9±0,74% (r=-0,45; P≤0,01). Цестодозы диагностировали у 750 голов (7%), с индексом эпизоотичности 1 и показателем экстенсивности 1,8±0,32 % (r=0,74; P≤0,001).

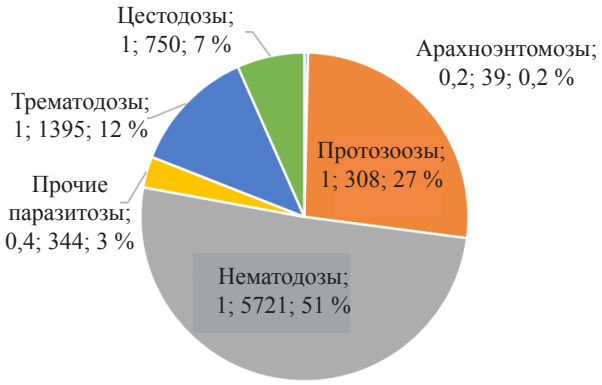
Таблица 1 — Объем материала при диагностике паразитозов сельскохозяйственных животных и птиц в Иркутской области в период с 2015 по 2023 года

Table 1 — Volume of material for diagnosing parasitoses of farm animals and birds in the Irkutsk region in the period from 2015 to 2023

№	Паразитозы	Крупный рогатый скот	Лошади	Мелкий рогатый скот	Свиньи	Птица
1	Арахноэнтомозы	533	20	87	5	19
2	Кокцидиоз	33046	-	6908	7405	2314
3	Нематодозы	42305	9541	8543	10731	736
4	Прочие паразитозы	8658	-	1392	997	84
5	Случная болезнь (трипаносомоз)	-	229309	-	-	-
6	Трематодозы	42188	5634	6991	5005	222
7	Хламидиоз	-	-	11422	-	-
8	Цестодозы	40659	5661	7366	10677	715
	Всего:	167389	250165	42709	35055	4090

На рисунке 2 приведены данные об уровне заражения крупного рогатого скота основными паразитозами (нематодозами и протозоозами). В 2015 году был зафиксирован пик заражения нематодозами, достигший 20,65 %. После этого эпизоотическая ситуация стабилизировалась, и уровень заражения колебался в пределах 10,08—14,86 %.

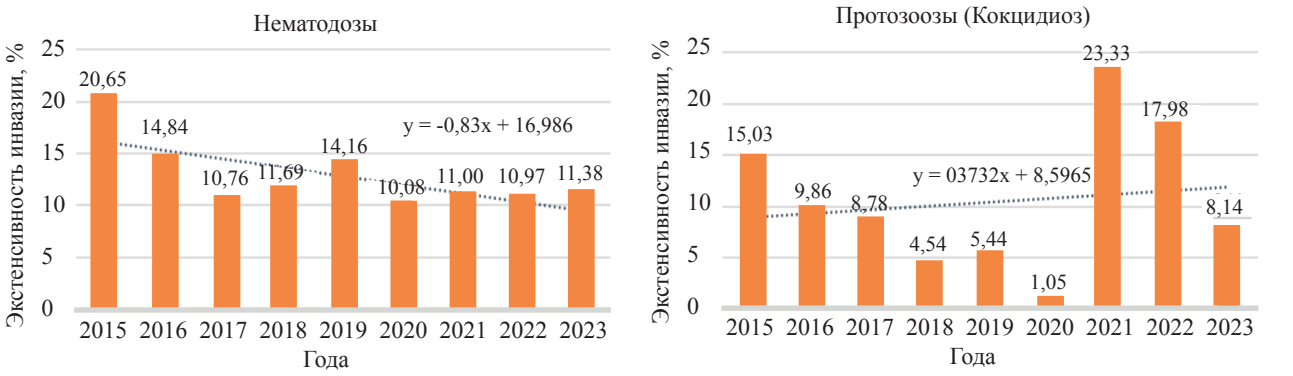
Анализ эпизоотической ситуации по протозоозам выявил значительные колебания. Изначально экстенсивность инвазии составляла 15,03 %, но затем последовательно снижалась, достигнув минимального значения в 1,05 % к 2020 году. В 2021 году произошло резкое увеличение зараженности до 23,33 %, за которым последовало постепенное снижение до 17,98 % в 2022 году и 8,14 % в 2023 году. Мы полагаем, что увеличение интенсивности протозойных инвазий обусловлено комплексом факторов. К ним относятся: изменение применяемых антикокцидийных препаратов в хозяйствах (включая те, что связаны с импортозамещением),



Прим.: *расшифровка показателей: название нозоформы, индекс эпизоотичности, количество зараженных животных, процент к общему количеству паразитозов.*

Рисунок 1 *— Нозологический профиль паразитозов крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 1 *— Nosological profile of parasitoses of cattle in livestock farms of the Irkutsk region for the period 2015—2023.*



Прим.: *r=0,68; P≤0,001* *r=0,14*

Рисунок 2 *— Показатели экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

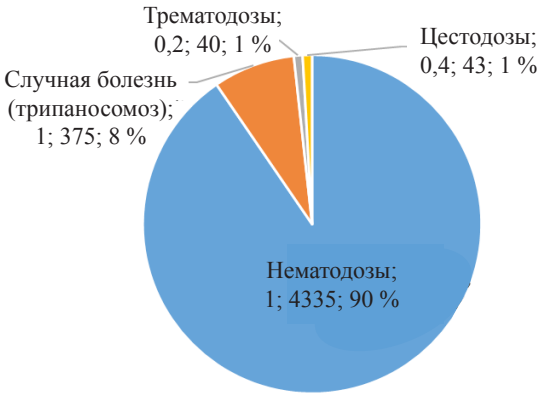
Figure 2 *— Indicators of the extensiveness of invasion for the leading parasitoses of cattle in livestock farms of the Irkutsk region for the period 2015—2023.*

нарушение установленной ротационной схемы в одном из крупных хозяйств, а также аномально влажные и теплые погодные условия лета 2021 года в регионе, благоприятствовавшие выживанию ооцист во внешней среде.

Наиболее часто лошади, поражены инвазиями, вызванными нематодами (рис. 3). Гельминтов из группы нематодов выделяли у 90 % поголовья лошадей (4335 голов), при этом индекс эпизоотичности составил 1, а экстенсивность инвазии — 22,9±4,05 % (r=-0,17; P≤0,001).

На втором месте по распространенности — протозоозы (случная болезнь, трипаносомоз) выявлена у 375 лошадей (8 % поголовья), с индексом эпизоотичности 1, но значительно меньшей экстенсивностью инвазии — 0,2±0,04 % (r=0,72; P≤0,001).

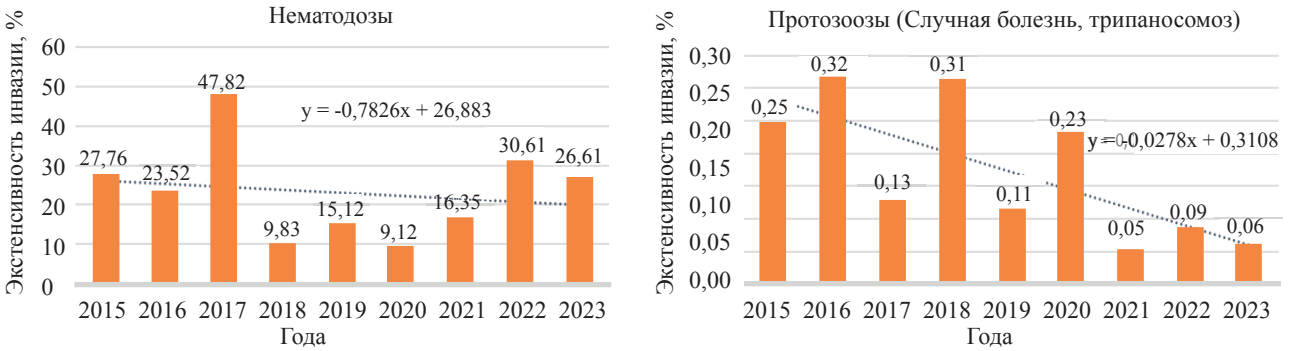
Рисунок 4 демонстрирует динамику экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах лошадей (нематодозах и протозоозах) за период с 2015 по 2023 год. Ежегодно регистрировались случаи заражения



Прим.: *расшифровка показателей: название нозоформы, индекс эпизоотичности, количество зараженных животных, процент к общему количеству паразитозов.*

Рисунок 3 *— Нозологический профиль паразитозов лошадей в животноводческих хозяйствах Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 3 *— Nosological profile of parasitoses of horses in livestock farms of the Irkutsk region for the period 2015—2023.*



Прим.: *r=-0,18; P≤0,001* *r=-0,72; P≤0,001*

Рисунок 4 *— Показатели экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах крупного рогатого скота в животноводческих хозяйствах Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

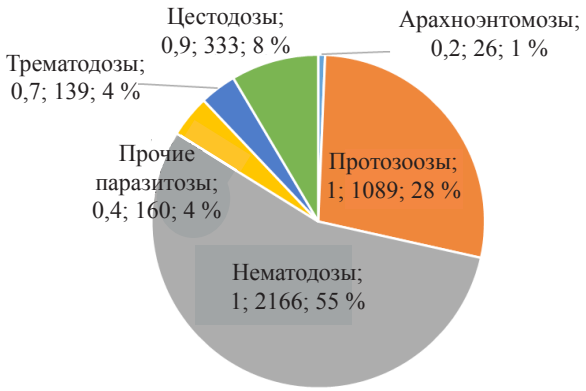
Figure 4 *— Indicators of the extensiveness of invasion for the leading parasitoses of cattle in livestock farms of the Irkutsk region for the period 2015—2023.*

лошадей круглыми червями, уровень экстенсивности инвазии при нематодозах колебался, достигнув 9,12 % в 2020 году и пикового значения 47,82 % в 2017 году. В последние два года наблюдались высокие показатели: 30,61 % в 2022 году и 26,61 % в 2023 году. Уровень заражения лошадей протозоозами варьировал от 0,05 до 0,32 процентов. Наблюдается отрицательная корреляция (r=-0,72) с высокой статистической значимостью (P≤0,001), свидетельствующая о снижении экстенсивности инвазии.

У мелкого рогатого скота, как у крупного рогатого скота и лошадей, наиболее распространенной группой паразитарных болезней были нематодозы со среднемноголетним показателем экстенсивности инвазии 17,4±2,86 (r=-0,14; P≤0,05) (рис. 5).

Протозоозы и цестодозы встречались значительно реже, поражая 28 и 8 % поголовья соответственно. Экстенсивность инвазии при протозоозах составила 18,7±4,48 % (r=0,21), а при цестодозах — 3,2±1,90 % (r=-0,57; P≤0,05).

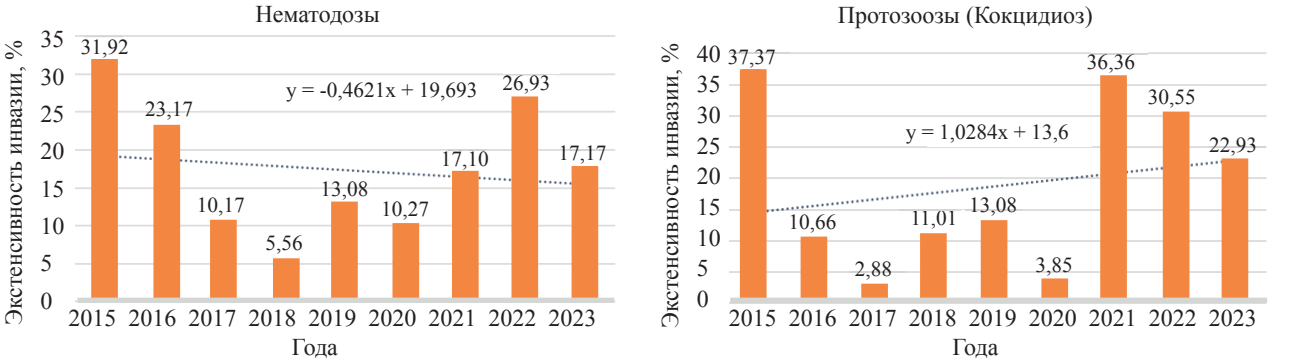
Рисунок 6 отражает динамику экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах мелкого рогатого скота (нематодозах и протозоозах) в период с 2015 по 2023 год. Нематодозы регистрировались на протяжении всего исследуемого периода, показывая достоверно значимую отрицательную корреляцию (r=-0,15; P≤0,05). Исходный показатель экстенсивности инвазии нематодозами составил 31,92%, с последующей выраженной тенденцией к снижению до 5,56% к 2018 году. В дальнейшем наблюдался рост показателя до 26,93 % к 2022 году, а в 2023 году он составил 17,77 %. При кок-



Прим.: *расшифровка показателей: название нозоформы, индекс эпизоотичности, количество зараженных животных, процент к общему количеству паразитозов.*

Рисунок 5 *— Нозологический профиль паразитозов мелкого рогатого скота в Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 5 *— Nosological profile of parasitoses of small cattle in the Irkutsk region for the period 2015—2023.*



Прим.: *r=-0,15; P≤0,05* *r=0,21; P≤0,05*

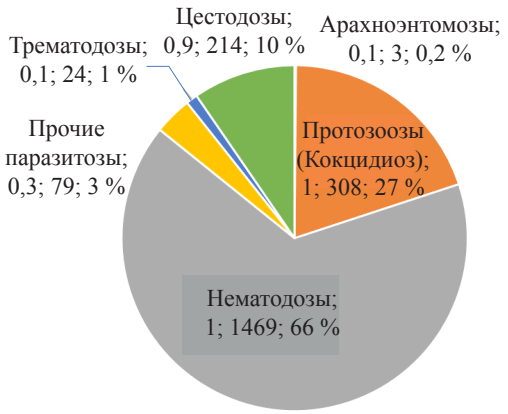
Рисунок 6 *— Показатели экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах мелкого рогатого скота в Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 6 *— Indicators of the extensiveness of invasion for the leading parasitoses of cattle in livestock farms of the Irkutsk region for the period 2015—2023.*

цидиозе были зафиксированы статистически сопоставимо значимые результаты с положительной корреляцией (r=0,21; P≤0,05). Уровень инвазии в 2015 году достиг 37,37 %, после чего произошло его снижение до 3,85 % к 2020 году. Последующее увеличение показателя до 36,36 % сменилось снижением до 22,93 % к 2023 году.

В рамках проведенного исследования было установлено, что этиологическая структура паразитозов свиней, как и у других видов сельскохозяйственных животных (крупного и мелкого рогатого скота, лошадей), характеризуется преобладанием нематодозов, доля которых составила 66 % от общего числа диагностированных случаев (рис. 7). Протозоозы были выявлены в 20 % случаев.

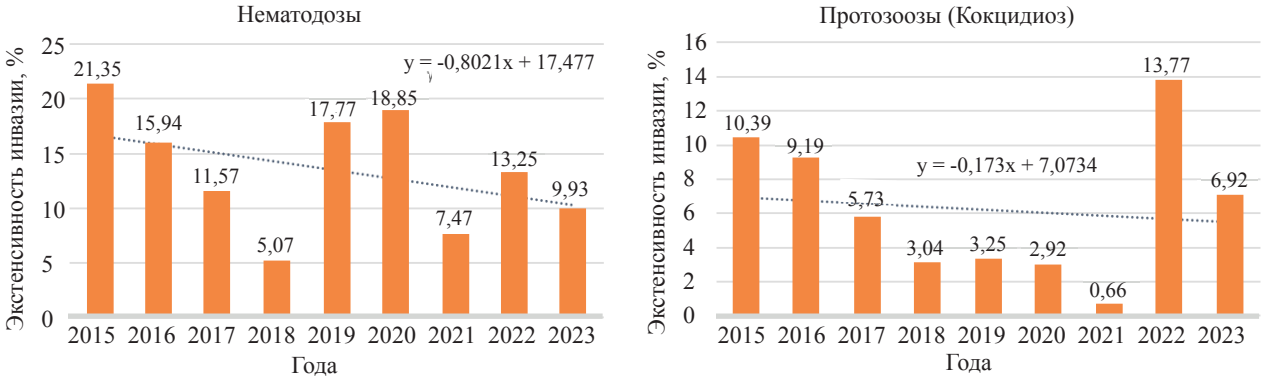
Рисунок 8 отражает показатели экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах свиней. Для нематодозов была зафиксирована максимальная экстенсивность инвазии в 2015 году (21,35 %), с последующим снижением до 5,07 % в 2018 году, к



Прим.: *расшифровка показателей: название нозоформы, индекс эпизоотичности, количество зараженных животных, процент к общему количеству паразитозов.*

Рисунок 7 *— Нозологический профиль паразитозов свиней в Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 7 *— Nosological profile of parasitoses of pigs in the Irkutsk region for the period 2015—2023.*



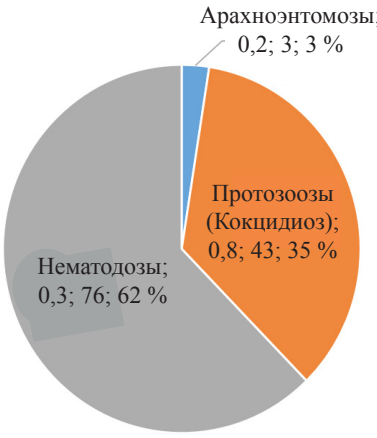
Прим.: *r=0,40; P≤0,01* *r=-0,11*

Рисунок 8 *— Показатели экстенсивности инвазии при ведущих паразитозах свиней в Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 8 *— Indicators of the extensiveness of invasion for the leading parasitoses of pigs in the Irkutsk region for the period 2015—2023.*

2023 году показатель составил 9,93 %. Среднемноголетний показатель экстенсивности инвазии нематодозами составил 13,5±1,82 % (r=-0,40; P≤0,01), что указывает на статистически значимую отрицательную корреляцию. При протозоозах, после снижения с 10,39 % в 2015 году до 0,66 % в 2021 году, было отмечено резкое увеличение экстенсивности инвазии до 13,77 % в 2022 году. К 2023 году показатель составил 6,92 %. Среднемноголетний показатель экстенсивности инвазии кокцидиозом составил 6,2±1,42 % (r=-0,11; P≤0,01), также демонстрируя статистически значимую, но менее выраженную отрицательную корреляцию.

В период с 2015 по 2023 год нематодозы доминировали среди паразитарных болезней птиц в Иркутской области, поражая в среднем 62 % популяций, с индексом эпизоотичности 0,3 (рис. 9). Протозоозы заняли второе место по распространенности, с 43 зарегистрированными случаями (35 % от общего числа паразитозов). Несмотря на более высокий индекс эпизоотичности (0,8 против 0,3 у нематодозов), про-



Прим.: *расшифровка показателей: название нозоформы, индекс эпизоотичности, количество зараженных птиц, процент к общему количеству паразитозов.*

Рисунок 9 *— Нозологический профиль паразитозов птиц в Иркутской области за период 2015—2023 гг.*

Figure 9 *— Nosological profile of parasitoses of birds in the Irkutsk region for the period 2015—2023.*

тозоозы демонстрировали значительно меньшую экстенсивность инвазии – 0,9±0,27 % (r=0,90).

Рисунок 10 демонстрирует уровень заражения птиц кокцидиозом. За исследуемый период отмечен рост экстенсивности инвазии, что свидетельствует положительный коэффициент корреляции. Максимальный показатель в 2,16 % был зафиксирован к 2023 году.

Анализ результатов исследования по изучению распространенности паразитарных болезней среди поголовья сельскохозяйственных животных и птиц в животноводческих, птицеводческих предприятиях, а также предприятиях разных форм собственности Иркутской области позволяет нам предложить ветеринарной службе следующие рекомендации:

1. Обеспечить проведение плановых копрологических исследований весной и осенью, а в пойменных зонах дополнительно проверять животных на фасциолез;

2. Для предотвращения резистентности паразитов применять ротацию антигельминтиков (фенбендазол, ивермектин, абамектин, моксидектин и др.);

3. Лечебную дегельминтизацию проводить только после лабораторного подтверждения диагноза;

4. Создать и ежегодно актуализировать региональный цифровой реестр неблагополучных пунктов по паразитозам;

5. Установить целевые показатели на 2026—2028 гг.: снижение ЭИ при нематодозах до 10—12 % (в зависимости от вида животных); стабилизация уровня кокцидиоза птицы на уровне не выше 1,5 %.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION.

1. Согласно результатам исследований, проведенных в Иркутской области за период с 2015 по 2023 год, нематодозы являлись наиболее распространенными паразитарными заболеваниями среди сельскохозяйственных животных и птиц

2. Среди паразитарных болезней крупного рогатого скота доминируют нематодозы, выявленные в 5471 случае (51 % от общего числа инвазий). Протозоозы (кокцидиозы) составляют 27 %, трематодозы — 12 %, цестодозы — 7 %. На прочие паразитозы приходится 3%, а арахноэнтомозы встречаются крайне редко (0,2 %).

3. Статистика паразитарных болезней среди лошадей свидетельствует о высокой доле нематодозов — 90 % (4335 голов). Протозоозы, представленные случной болезнью, диагностированы у 8% (375 голов). Цестодозы и трематодозы составили незначительную долю, по 1 % (43 и 40 голов), соответственно.

Прим.: *r=0,90.*

Рисунок 10 *— Показатели экстенсивности инвазии при кокцидиозе птиц в Иркутской области за период 2015-2023 гг.*

Figure 10 *— Indicators of the extensiveness of infestation with coccidiosis in birds in the Irkutsk region for the period 2015-2023.*

4. Анализ распространенности паразитарных болезней среди поголовья овец показал доминирование нематодозов, которые были диагностированы у 55% обследованных животных. Второе место по распространенности занимают протозоозы, представленные преимущественно кокцидиозом, с показателем в 28 %. Цестодозы выявлены у 8 % поголовья. На долю прочих паразитозов приходится 4 %. Арахноэнтомозы демонстрируют наименьшую частоту встречаемости, составляя всего 0,1 % от общего числа животных.

5. Паразитарные болезни свиней представлены в основном нематодозами (66 % случаев). Кокцидиозы диагностируются у 20% животных. Прочие паразитозы (3 %), трематодозы (1 %) и арахноэнтомозы (0,2 %) встречаются значительно реже.

6. В период с 2015 по 2023 год нематодозы доминировали среди паразитарных болезней у птиц в Иркутской области, поражая в среднем 66,7 % особей. Кокцидиоз занимал вторую позицию, составляя 34 % (42 случая) от общего числа диагностированных паразитозов. Арахноэнтомозы регистрировались значительно реже, с долей в 3 %.

EPIZOOTIC SITUATION FOR THE MAJOR PARASITOSIS OF FARM ANIMALS AND BIRDS IN THE IRKUTSK REGION

Meltsov I. V.[1]* — Ph.D. (Veterinary Science), Associate Professor, Department of Specialized Veterinary Disciplines (ORCID 0000-0001-8566-7004); **Batomunkuev A. S.**[1] — D.Sc. (Veterinary Science), Head of the Department of Specialized Veterinary Disciplines, Associate Professor (ORCID 0000-0002-2263-6355), Irkutsk State Agrarian University; **Sukhinin A. A.**[2] — D.Sc. (Biology). Head of the Department of Microbiology, Virology, and Immunology, Professor (ORCID 0000-0002-1245-3440).

[1]Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky».

[2]Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine».

*ivanmeltsov@mail.ru.

ABSTRACT. *The development of livestock farming in the Russian Federation, using modern technology and innovation, is an integral part of the state program to improve agricultural efficiency. Increasing the production of milk, meat, and other food products is of strategic importance as a key indicator of the country's economic growth and the optimization of foreign economic relations. Invasive diseases are one of the constraints on livestock development. They cause significant damage to farms due to the mass mortality of animals during enzootic outbreaks, the stunting of young animals, decreased resistance to infectious and non-infectious diseases, reduced productivity and fertility, deterioration in meat and hide quality, and increased costs for veterinary and sanitary measures. This article presents the results of a study examining the prevalence of parasitic diseases among farm animals and poultry in livestock and poultry farms, as well as enterprises of various types of ownership in the Irkutsk Region. In the period from 2015 to 2023, nematodoses dominated among parasitic diseases of farm animals and birds with an average long-term indicator of extensiveness of invasion: in cattle 12,8±1,11 % (r=0,68; P≤0,001), horses — 22,9±4,05 % (r=—0,18; P≤0,001), small cattle — 17,4±2,86 % (r=0,14; P≤0,05), pigs — 13,5±1,82 % (r=—0,40; P≤0,01) and poultry — 4,3±2,46 % (r=0,34).*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дашинимаев, Б. Ц. Гельминтозы крупного рогатого скота в Забайкальском крае / Б. Ц. Дашинимаев, Л. И. Боярова, С. М. Дашинимаев // Вестник КрасГАУ. — 2023. — № 7(196). — С. 134—139.

2. Бондаренко, Г. А. Распространение гельминтозов крупного рогатого скота в Амурской области / Г. А. Бондаренко, и др. // Ветеринария. — 2023. — № 1. — С. 40—42. DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.1.40-42.

3. Экономическая эффективность противогельминтозных мероприятий в животноводстве в Иркутской области / Б. Н. Балыбердин, И. В. Мельцов и др. // Ветеринария и кормление. — 2020. — № 1. — С. 13—15. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-1-2.

4. Швец, О.М. Особенности эпизоотического процесса при стронгилятозах желудочно—кишечного тракта овец и оценка качества баранины / О. М. Швец, Т. И. Михалева // Ветеринария и кормление. — 2022. — № 1. — С. 64—66. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-1-16.

5. Неблагополучие и сезонность при инфекционных и инвазионных болезнях животных в Иркутской области / А. С. Батомункуев, И. В. Мельцов и др. // Иппология и ветеринария. — 2021. — № 4(42). — С. 31—39.

6. Мельцов, И. В. Основные гельминтозы крупного рогатого скота в Иркутской области / И. В. Мельцов, К. А. Тюменцева // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: Материалы XIV Межд. научно-практ. конференции, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, п. Молодежный, 24—25 апреля 2025 года. — п. Молодежный: Иркутский гос. агр. университет им. А. А. Ежевского, 2025. — С. 398—402.

7. Черных, В. Г. Гельминтозы диких и домашних свиней Забайкальского края и меры борьбы с ними / В. Г. Черных, Е. В. Кирильцов, В. А. Кирильцова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2020. — Т. 50, № 6. — С. 75—82. DOI 10.26898/0370-8799-2020-6-9.

8. Бондаренко, Г. А. Особенности эпизоотологического процесса по основным гельминтозам у крупного рогатого скота в Амурской области / Г. А. Бондаренко и др. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). — 2021. — № 1(58). — С. 75—80. DOI 10.31677/2072-6724-2021-58-1-75-80.

9. Байрамов, С. Ю. Распространение и возрастная динамика гельминтозов кур в Азербайджанской Республике / С. Ю. Байрамов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2022. — Т. 52, № 1. — С. 100—105. DOI 10.26898/0370-8799-2022-1-11.

10. Ефремова, Е. А. Характеристика зараженности и структура гельминтокомплексов лошадей в провинциях Горного Алтая / Е. А. Ефремова, В. А. Марченко, М.

REFERENCES

1. Dashinimaev B.Ts. Helminthiasis of cattle in the Trans—Baikal Territory / B.Ts. Dashinimaev, L.I. Boyarova, S.M. Dashinimaev // Bulletin of KrasSAU. — 2023. — No. 7 (196). — P. 134—139.

2. Bondarenko G. A. Spread of cattle helminthiasis in the Amur region / G. A. Bondarenko, I. A. Solovieva, T. I. Trukhina // Veterinary science. — 2023. — No. 1. — P. 40—42. DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.1.40-42 (In Russ.).

3. Economic efficiency of anthelminthic measures in animal husbandry in the Irkutsk region / B.N. Balyberdin, I.V. Meltsov, Yu.I. Smolyaninov, L.Ya. Yushkova // Veterinary science and feeding. — 2020. — No. 1. — P. 13—15. — DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-1-2 (In Russ.).

4. Shvets O.M. Features of the epizootic process in strongylosis of the gastrointestinal tract of sheep and assessment of the quality of mutton / O. M. Shvets, T. I. Mikhaleva // Veterinary science and feeding. — 2022. — No. 1. — P. 64—66.

5. Unfavorable conditions and seasonality in infectious and invasive diseases of animals in the Irkutsk region / A. S. Batomunkuev et al. // Ippology and veterinary science. — 2021. — No. 4 (42). — P. 31—39 (In Russ.).

6. Meltsov I. V. The main helminthiases of cattle in the Irkutsk region / I. V. Meltsov, K. A. Tyumentseva // Climate, ecology, agriculture of Eurasia: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Molodezhny, April 24—25, 2025. — Molodezhny: Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, 2025. — P. 398—402 (In Russ.).

7. Chernykh V. G. Helminthiases of wild and domestic pigs of the Trans—Baikal Territory and measures to control them / V. G. Chernykh, E. V. Kiriltsov, V. A. Kiriltsova // Siberian Bulletin of Agr. Science. — 2020. — Vol. 50, No. 6. — P. 75—82. DOI 10.26898/0370-8799-2020-6-9 (In Russ.)

8. Bondarenko G. A. Features of the epizootological process for the main helminthiases in cattle in the Amur Region / G. A. Bondarenko, T. I. Trukhina, I. A. Solovieva // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). — 2021. — No. 1 (58). — P. 75—80. DOI 10.31677/2072-6724-2021-58-1-75-80 (In Russ.).

9. Bayramov S. Yu. Spread and age dynamics of helminthiases in chickens in the Republic of Azerbaijan / S. Yu. Bayramov // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2022. — Vol. 52, No. 1. — P. 100—105. DOI 10.26898/0370-8799-2022-1-11. (In Russ.).

10. Efremova E. A. Characteristics of infestation and structure of helminth complexes of horses in the provinces of Gorny Altai / E. A. Efremova, V. A. Marchenko, M.

А. Смертина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2023. — Т. 53, № 11. — С. 96—105. DOI 10.26898/0370-8799-2023-11-10.

11. Ассоциативная желудочно—кишечная инвазия лошадей в Ленинградской области / Н. А. Гаврилова, Л. М. Белова, О. С. Логинова, Р. С. Ситникова // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 2. — С. 31—36. DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31.

12. Эпизоотическая ситуация по гельминтозам лошадей в частных хозяйствах Ленинградской области / Н. А. Гаврилова и др. // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 2. — С. 37—41.

13. Ефремова, Е. А. Распространение гельминтов желудочнокишечного тракта лошадей в Центральном Алтае / Е. А. Ефремова, В. А. Марченко, М. А. Смертина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2022. — Т. 52, № 5. — С. 89—97. DOI 10.26898/0370-8799-2022-5-11.

14. Применение статистических методов при анализе эпизоотической ситуации по инфекционным болезням животных и птиц: Методические рекомендации / А. М. Аблов, А. С. Батомункуев, Е. В. Анганова, И. В. Мельцов; ФГБУ «Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория», ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия», ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования», Служба ветеринарии Иркутской области. — Иркутск: Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. — 26 с.

A. Smertina // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2023. — Vol. 53, No. 11. — P. 96—105. DOI 10.26898/0370-8799-2023-11-10 (In Russ.).

11. Associative gastrointestinal invasion of horses in the Leningrad Region / N.A. Gavrilova, L.M. Belova, O.S. Loginova, R.S. Sitnikova // International Veterinary Bulletin. — 2020. — No. 2. — P. 31—36. DOI 10.17238/issn2072-2419.2020.2.31 (In Russ.).

12. Epizootic situation of helminthiasis in horses in private farms of the Leningrad Region / N.A. Gavrilova, L.M. Belova, O.A. Loginova [et al.] // International Veterinary Bulletin. — 2020. — No. 2. — P. 37—41 (In Russ.).

13. Efremova E. A. Spread of helminths of the gastrointestinal tract of horses in Central Altai / E. A. Efremova, V. A. Marchenko, M. A. Smertina // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2022. — Vol. 52, No. 5. — P. 89—97. DOI 10.26898/0370-8799-2022-5-11 (In Russ.).

14. Application of statistical methods in the analysis of the epizootic situation for infectious diseases of animals and birds: Methodological recommendations / A. M. Ablov, A. S. Batomunkuev et al.; Federal State Budgetary Institution «Irkutsk Interregional Veterinary Laboratory», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Irkutsk State Agricultural Academy», State Budgetary Educational Institution of Additional Prof. Education «Irkutsk State Med. Academy of Postgraduate Education», Vet. Service of the Irkutsk Region. — Irkutsk: Irkutsk State Agr. Academy, 2014. — 26 p (In Russ.).

УДК: 577.112.5:618.19-002-022.7:579.861.2:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.61

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ИНТЕРЛЕЙКИНОВ У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ ПРИ ИНФЕКЦИОННОМ МАСТИТЕ СТАФИЛОКОККОВОЙ ЭТИОЛОГИИ

Комаров М. В.* — аспирант кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID 0009-0001-4852-0692); **Макавчик С. А.** — д-р ветеринар. наук, доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии (ORCID 0000-0001-5435-8321).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*miha20136@gmail.com.

Ключевые слова: *интерлейкин, концентрация, молоко, сыворотка крови, дойных коров, инфекционный мастит, стафилококки.*

Key words: *interleukin, concentration, milk, blood serum, cash cows,infectious mastitis, staphylococcus.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Этиология возникновения инфекционного мастита связана с высоким процентом (90 %) выделения бактерий рода Staphylococcus. По статистическим данным проблема мастита у лактирующих коров является актуальной, поскольку связана с экономическими затратами на лечение и диагностику. Современная диагностика инфекционных маститов, основанная на биомаркерах (интерлейкинах) воспалительного процесса позволит оценить течение и форму мастита, так и существенно снизить экономические затраты на диагностику. Цель исследования — определить концентрацию провоспалительных (IL-1β, IL-2, IL-6, IL-8) и противовоспалительных (IL-4, IL-10) интерлейкинов, в молоке и сыворотке крови, у разных групп дойных коров, чтобы полученные значения концентраций использовать как прогностические биомаркеры формы течения инфекционного мастита стафилококковой этиологии. Для проведения исследования было сформировано 3 группы по 10 голов дойных коров голштинской породы красно-пестрой масти. Отобрано 10 проб молока и 10 проб крови от каждой группы дойных коров: клинически здоровых, с субклиническим и клиническим маститом. Основанием для разделения на группы послужил экспресс-тест на мастит. Для определения концентрации провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в сыворотке крови и молоке использовали метод твердофазного иммуноферментного анализа и соответствующий набор для определения концентрации конкретного интерлейкина. Перспективными были полученные значения концентраций в молоке, в частности, IL-2 повышен в 9,9 раз у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых и IL-6 в группе клинически больных маститом в 9,5 раз по сравнению с группой клинически здоровых коров. Увеличена концентрации интерлейкинов в сыворотке крови: IL-2 в 4,2 раза между группой клинически больных маститом и группой клинически здоровых коров и концентрация IL-6 у группы клинически больных маститом в 9,5 раз выше по сравнению с группой клинически здоровых коров.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**. По статистическим данным последних лет от ФГБУ «Ленинградская МВЛ» и ГБУ «Санкт-Петербургская городская ветеринарная лаборатория», натуральные потери молока, из-за течения мастита, на одну дойную корову составляют в среднем 10—15 % годового удоя. Это говорит о высоком показателе роста и распространения мастита среди группы лактирующих коров. Поэтому одна из важных задач для ветеринарных специалистов это снижение данного показателя, для достижения которого необходима современная своевременная диагностика или лечение мастита [1—4].

Мастит у лактирующих коров – это одна из самых широко распространенных и часто диагностируемых болезней в молочном скотоводстве, характеризующаяся воспалением молочных желез. Этиология мастита может носить различный характер, но чаще всего мастит вызывают различные инфекционные микроорганизмы, которые попадают при повреждения организма или снижение его резистентности [1, 5, 6].

По исходным данным собственных исследований и источникам литературы бактерии рода *Staphylococcus* являются одними из наиболее распространенных агентов, вызывающих мастит у дойных коров. Характер, степень и форма мастита зависит от факторов вирулентности, патогенности, количества и вида стафилококка, а также от иммунного статуса животного. Этот род микроорганизмов, распространен во многих хозяйствах, вызывает как субклинические формы, так и клинические формы мастита, которые приводят к экономическим убыткам для животноводческих хозяйства [4—9].

Во многих животноводческих хозяйствах на территории России выявление субклинического и клинического мастита сводится к использованию нормативного документа ГОСТ 23453-2014 для оценки количества соматических клеток (КСК) молока. В нормативном документе указано широкое расхождение по содержанию соматических клеток для диагностики мастита, что влияет на точность оценки формы и прогнозирования течения мастита [1, 2, 8].

Биомаркер - это вариативная молекула, которая свидетельствует о наличии/отсутствии или интенсивности какого-то биологического или воспалительного процесса в организме. Такими биомаркерами являются интерлейкины — это белковые полипептидные сигнальные медиаторы, которые относятся к группе цитокинов [10-12]. В зависимости от характера воздействия их подразделяют на провоспалительные (IL-1β, IL-2, IL-6, IL-8) и противовоспалительные (IL-4, IL-10), где функцией провоспалительных интерлейкинов является привлечение лейкоцитов и макрофагов к месту очага воспаления и нахождения патологического агента, а противовоспалительных — в предотвращении чрезмерной воспалительной реакции, ингибирующей макрофагов и как следствие предотвращение избыточного повреждения здоровых клеток [11—15]. При этом концентрация того или иного интерлейкина влияет на течение воспаления, а следовательно и форму мастита.

Цель работы – определить концентрацию провоспалительных (IL-1β, IL-2, IL-6,IL-8) и противовоспалительных (IL-4, IL-10) интерлейкинов, в молоке и сыворотке крови у разных групп лактирующих коров, а полученные значения концентраций использовать как прогностические биомаркеры форм течения инфекционного мастита стафилококковой этиологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ/ MATERIALS AND METHODS. В хозяйстве регулярно проводятся противоэпизоотические мероприятия, включающие в себя: контроль входящих в хозяйство новых животных, проведение диагностических мероприятий, проведения соответствующих вакцинаций, проверка персонала, профилактическихи иныхмероприятий предусмотренных на животноводческом комплексе. Полученные сведения об эпизоотологической ситуации в хозяйстве Новгородской области на май 2025 года указывают, что хозяйство является благополучным по инфекционным болезням крупного рогатого скота. Данное обстоятельство позволяет исключить маститы иной этиологии при формирование групп дойных коров.

Для определения концентраций провоспалительных (IL-1β, IL-2, IL-6, IL-8) и противовоспалительных (IL-4, IL-10) интерлейкинов было сформировано3 группы по 10 голов дойных коров голштинской породы красно-пестрой масти, в возрасте 6—7 лет, 5—6 лактации, со средним надоем 19 кг/корову в день. Животные содержаться в закрытом комплексе в стойлах, питаются силосом («РДС-АГРО», Новгородская область, Россия). Первая группа состояла из 10 клинически здоровых дойных коров и является контрольной группой, вторая группа из 10 дойных коров с субклинической формой мастита — подопытная группа 1; третья группа из 10 дойных коров с течением клинической формой мастита — подопытная группа 2.

Образцами послужили пробы молока и крови, в количестве 60 штук. Было отобрано 10 проб молока и 10 проб крови у клинически здоровых дойных коров (n=10) без видимых признаков заболевания, которые дали отрицательный результат на тест для определения концентрации соматических клеток (КСК) молока (набор Экспресс-тест на мастит, производства ООО «Нерохим», Россия). Концентрация соматических клеток в молоке составила менее 200000 клеток/см³ (оценка визуально — равномерная желто-оранжевая окраска, жидкая, консистенция как молоко, выливается легко), что свидетельствует об отсутствие мастита. Из следующей группы дойных коров с субклинической формой (n=10) было отобрано 10 проб молока и 10 проб крови. Концентрация соматических клеток в молоке составила от 500000 клеток/см³ до 1000000 клеток/см³ (оценка визуально – равномерная оранжево-розовая окраска, гелеобразные сгустки, выливается с задержкой), свидетельствует о субклинической форме мастита. Из группы с клинической формой мастита (n=10) у дойных было отобрано 10 проб молока и 10 проб крови. Концентрация соматических клеток в молоке составила свыше 1000000 клеток/см³ (оценка визуально — неравномерная оранжево-красная окраска, выраженные гелеобразные сгустки, выливается с сильной задержкой), свидетельствует о клинической форме мастита.

Молоко от всех групп дойных коров отбиралось из правой и левой долей вымени в стерильные емкости, кровь забиралась вакуумным способом в пробирки из хвостовой вены. Пробы были упакованы и перевезены согласно общепринятым процедурам сохранения и доставки биоматериала в лабораторию для анализа.

Выделение стафилококков производилась при помощи бактериологического метода диагностики. Для разделения микроорганизмов на грамотрицательных и грамположительных применялась окраска по Граму (НаборМикро-ГРАМ-НИЦФ, наб. 100 мл, Россия) с последующим микроскопированием. Преимущественно было визуализировано большая часть грамположительных кокковых микроорганизмов.Первичные посевы проб делали на простые питательные среды — мясопептонный бульон (МПБ), мясопептонный агар (МПА) – и инкубировали в течение суток в термостате. После чего производился посев на специальные питательные среды: желточно-солевой агар (ЖСА), агар Бэрда-Паркера, мясо-пептонный агар с 5 % кровью барана с культивированием в течение 24 часов при температуре 37±1°С. Чтобы разделить стафилококков на коагулазоположительных и ко-

агулазотрицательных производили тест на плазмокоагуляцию. Проводили с применением набора реагентов «Плазма кроличья цитратная сухая», производства ЗАО «ЭКОлаб». Этапы проведения анализа были выполнены согласно инструкции производителя. Результат учитывали визуально и считали положительным, если наблюдали наличие свертывания плазмы (образование желеобразного сгустка). Идентификация чистых культур клинически значимых бактерий рода *Staphylococcus* проводилась с использованием биохимической тест-системы STAPHtest24 (Чешская Республика).

Для определения концентрации провоспалительных и противовоспалительных интерлейкиновв сыворотке крови и молоке использовали серологический метод диагностики, а именно: наборы (производства Cloud-CloneCorp, Китай) для твердофазного иммуноферметного анализа (Sandwich ELISA),направленные на определение концентрации конкретного интерлейкина в подготовленном биоматериале. Для каждого вида интерлейкина была произведена подготовка стандартов, на планшетках для проведения детекции соотвествующего интерлейкина по универсальной схеме (рис. 1 и 2), необходимая для получения достоверных результатов. Этапы проведения анализа и подготовки проб(получение сыворотки крови и молока, посредством центрифугирования) были выполнены в соответствии с инструкцией от производителя для определения концентрации соотвествующего интерлейкина (на каждый интерлейкин свой набор для детекции).

Результат учитывали фотометрически на микропланшетном ридере (MultiscanFC, ThermoScietipic, США) при длине волны 450 нм, считывание производилось сразу после внесения последнего компонента (стоп-реагента). В работе использована программа CurveExpertBasic версия

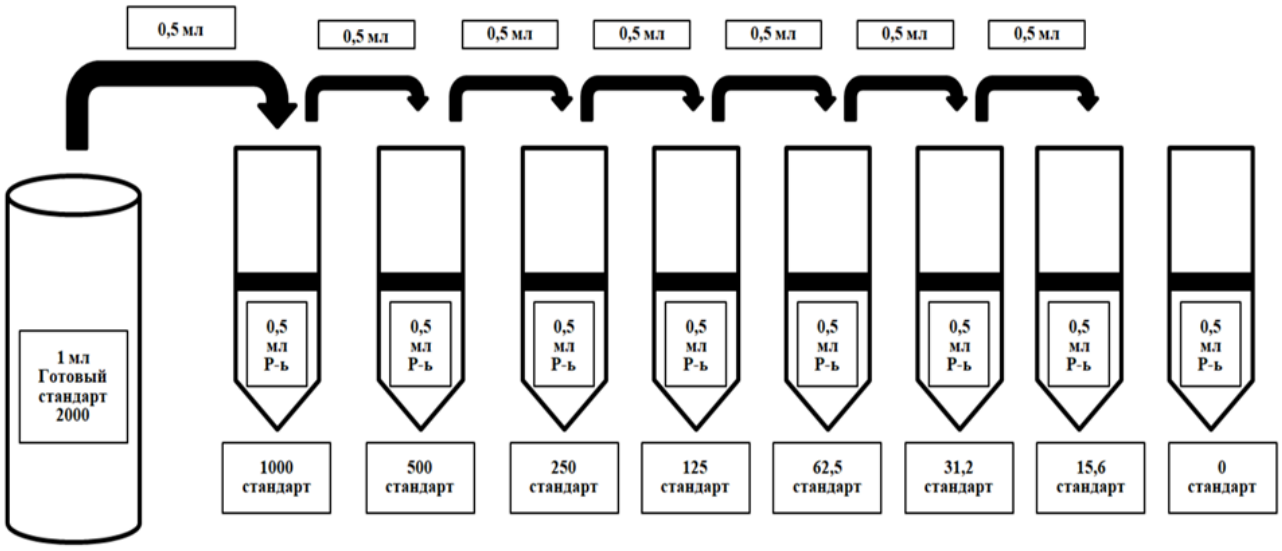


Рисунок 1 *— Общая схема разведения стандартов для IL-1β, IL-2, IL -4, IL-8 Примечание: Р-ь — растворитель.*
Figure 1 *— General scheme for dilution of standards for IL-1β, IL-2, IL-4, IL-8. Note: Р-ь — is the solvent.*

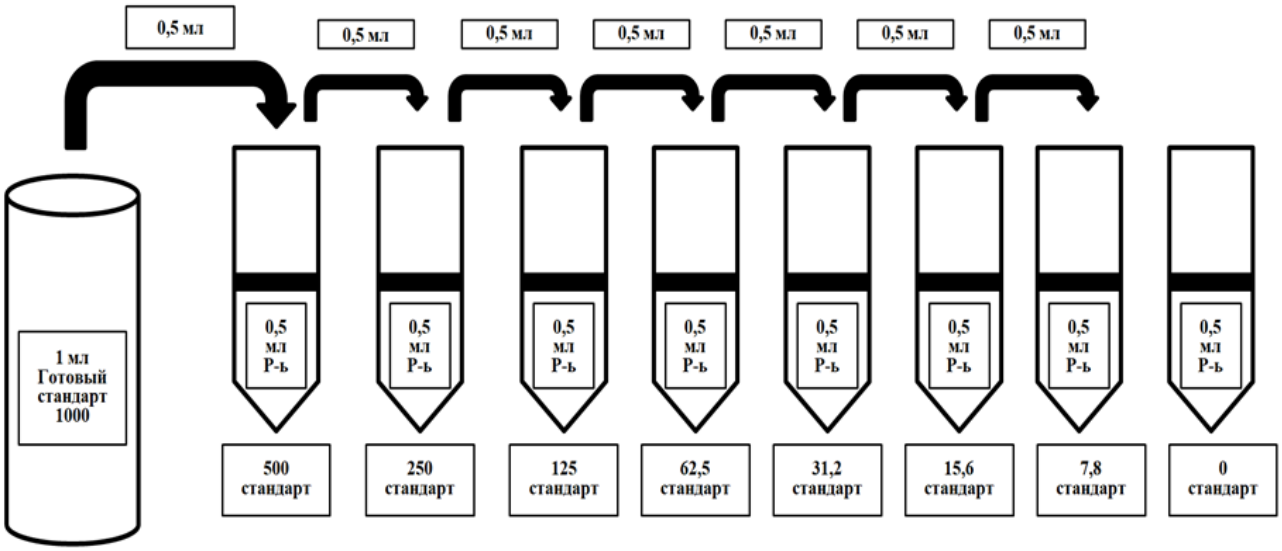


Рисунок 2 *— Схема разведения стандартов для IL-6, IL-10. Примечание: Р-ь — растворитель.*
Figure 2 *— Dilution scheme of standards for IL-6, IL-10. Note: Р-ь — solvent.*

2.2.2, для обработки полученных данных и интерпретации результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ/ RESULTS. По результатам исследования установлены маститы (субклинические и клиинические), которые имеют преимущественно стафилококковую этиологию, на основании значительного (90 %) выделения данных бактерий на специальных питательных средах и установления, при биохимическом тесте, видового спектра: *Staphylococcus aureus* (55 %), *Staphylococcus intermedius* (22 %), *Staphylococcus epidermidis* (10 %), *Staphylococcus haemolyticus* (3 %) случаев выделения. Количество выделения и идентификация бактерий рода *Staphylococcusc* изучением их культурально-биохимических свойств позволяет сделать вывод о непосредственном участие данных микроорганизмов в формирование и течение инфекционного мастита.

За результаты приняты среднеарифметические значения с высокой сходимостью всех полученных концентраций пг/мл (переведенные из оптических плотностей согласно инструкции производителя) конкретного интерлейкина в молоке и сыворотке крови для каждой из трех групп дойных коров состоящих из 10 голов, то есть для клинически здоровой группы, для группы с субклиническим течением и с клиническим течением инфекционного мастита.

Исходя из данных таблицы 1, установлено, что концентрация IL-1β в сыворотке крови изменялась несущественно, менее чем в 1,2 раза по сравнению с соответствующей группой,а в молоке увеличение в 1,4 раза в группе субклинически больных маститом относительно клинически здоровых и выше в 3,3 раза в группе клинически больных маститом относительно клинически здоровых коров. Концентрация IL-2 в сыворотке крови отличалась в 2 раза между группой с субклиническим маститом и группой клинически здоровых и в 4,2 раза между группой клинически больных маститом и группой клинически здоровых коров. Концентрация IL-2 в молоке была выше в 3,4 раза у группы субклинически больных и в 9,9 раза выше у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых коров.Концентрация IL-6 в сыворотке крови субклинически больных маститом была выше в 3,4 раза по сравнению с группой клинически здоровых и в группе клинически больных маститом в 9,5 раз больше по сравнению с группой клинически здоровых. В группе с субклиническим маститом концентрация IL-6 в молоке была выше в 1,6 раза по сравнению с клинически здоровой группой,а в группе с клиническим маститом в 3,7 раза выше по сравнении с клинически здоровыми. Концентрация IL-8, относящегося к подгруппе хемокинов, в сыворотке крови статистически значимой разницы (менее в 1,2 раза) между группами не было установлено, а в молоке в 2 раза выше у группы с субклиническим маститом по отношению к группе клинически здоровых и в 3,8 раза у клинически больных выше по отношению к группе клинически здоровых коров.

Было установлено, что по мере увеличения воспаления и формы мастита идет рост концентрации провоспалительных интерлейкинов (таблица 1), значительное увеличение концентрации в молоке наблюдалось у: IL-1β (в 3,3 раза в группе

Таблица 1 — Средние концентрации провоспалительных (IL-1β,IL-2, IL-6, IL-8) и противовоспалительных (IL-4, IL-10) интерлейкинов в молоке и сыворотки крови дойных коров по соответствующим группам

Table 1 — Average concentrations of proinflammatory (IL-1β, IL-2, IL-6, IL-8) and anti-inflammatory (IL-4, IL-10) interleukins in milk and blood serum of dairy cows by corresponding groups

Наименование	**Средняя концентрация (пг/мл) интерлейкинов (IL) в молоке и сыворотке крови у соответствующей группы дойных коров (n=30)**					
Группа дойных коров	Клинически здоровые (контрольная)		Субклинически больные маститом (1-ая группа)		Клинически больные маститом (2-ая группа)	
Клинический материал	Сыворотка крови, пг/мл	Молоко, пг/мл	Сыворотка крови, пг/мл	Молоко, пг/мл	Сыворотка крови, пг/мл	Молоко, пг/мл
Группа и вид интерлейкина (IL)	**Провоспалительные интерлейкины**					
IL-1β	102,2±0,94	128,9±1,09	118,8±0,89	181,7±1,24	119,9±1,01	428,7±2,98*
IL-2	19,6±0,60	41,3±0,78	39,2±0,76	129,4±0,96	81,5±0,77	407,4±2,21
IL-6	31,2±0,69	110,7±1,07	107,9±0,88	176,9±1,19	297,8±1,99	416,6±2,77
IL-8	19,1±0,59	26,9±0,66	21,8±0,63	58,6±0,87	22,6±0,62	99,8±0,91
Группа и вид интерлейкина (IL)	**Противовоспалительные интерлейкины**					
IL-4	248,8±1,79	729,8±2,59	125,1±1,09	406,0±2,13	84,9±0,88	200,1±1,56
IL-10	35,6±0,69	43,3±0,79	39,6±0,66	68,7±0,71	41,5±0,69	105,7±0,98

Примечание: *при*- p≤ 0,05 – степень достоверности по сравнению с контрольной группой*

клинически больных маститом относительно клинически здоровых коров), у IL-2 (в 9,9 раз выше у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых коров), IL-6 в группе с клиническим маститом в 3,7 раза выше по сравнении с клинически здоровыми, IL-8 в 3,8 раза у клинически больных выше по отношению к группе клинически здоровых коров. В сыворотке крови увеличение провоспалительных интерлейкинов отмечено у IL-2 — в 4,2 раза выше у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых коров, а также у IL-6 в группе клинически больных маститом в 9,5 раз больше по сравнению с группой клинически здоровых дойных коров. Напротив, значительного увеличения в сыворотке крови (менее чем в 1,2 раза по сравнению с соответствующей группой) IL-1β и IL-8 не установлено, в виду того, что процесс был именно локальным, в молочной железе, и как следствие увеличение воспалительного процесса в молочной железе не повлияло на системный иммунный ответ и не привело к статистически значимому увеличению концентрации.

Концентрация противовспалительного интерлейкина IL-4 в сыворотке крови больше в 2 раза у группы клинически здоровых коров по сравнению с субклинически больными и в 3 раза больше у группы клинически здоровых коров по сравнению с клинически больными маститом. Концентрация в молоке IL-4 в 1,8 раза выше у группы клинически здоровых по сравнению с субклинически больными и в 3,6 раза выше у группы клинически здоровых по сравнению с клинически больными маститом. Падение уровня IL-4 как в молоке так и в сыворотке крови связано с чрезмерной интенсивностью выработки провоспалительных интерлейкинов, где противовоспалительный интерлейкин 4, направленный на компенсацию и ограничению воспаления стремительно падал, что обусловлено течением и формой мастита. Концентрация IL-10 в сыворотки крови не была статистически значимой по сравнению с соответствующей группой (менее чем в 1,2 раза), а концентрация интерлейкина 10 в молоке субклинически больных маститом была выше в 1,5 раза по сравнению с клинически здоровыми и в 2,4 раза выше в группе с клиническим маститом по отношению к группе клинически здоровых дойных коров. Повышение уровня IL-10 в молоке свидетельствует о запуске подавления концентрации провоспалительных интерлейкинов и как следствии регуляции воспалительного процесса.

Таким образом, в виду высокого процента выделения (90 %) бактерий рода *Staphylococcusu* их видового многообразия, можно предположить их участие в развитие и формирование инфекционного маститау дойных коров.Значимыми были значения концентраций в молоке в виду локального иммунного ответа организма на чужеродных агентов, в частности IL-2 повышен в 9,9 раз у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых и IL-6 в группе клинически больных маститом, в 9,5 раз выше по сравнению с группой клинически здоровых дойных коров. Установлено, повышение концентрации интерлейкинов в сыворотке крови: для IL-2 в 2 раза выше между группой с субклиническим маститом и группой клинически здоровых и в 4,2 раза между группой клинически больных маститом и группой клинически здоровых коров и концентрация IL-6 у субклинически больных маститом была выше в 3,4 раза по сравнению с группой клинически здоровых и в группе клинически больных маститом в 9,5 раз больше по сравнению с группой клинически здоровых.

Материалы других авторов (В. А. Долганов, С. А. Макавчик, О. С. Епанчинцева и др.) подтверждают участие бактериальной микрофлоры, в том числе бактерии рода *Staphylococcus*, в возникновение и течение мастита у лактирующих коров [1, 3, 7]. Разные концентрации интерлейкинов существенно изменяются в молоке и сыворотке крови при воспалении вымени, по данным других авторов (С. Н. Серебренников, M. Bochniarz, Z.Vitenberga-Verza и др.) от нескольких единиц до десятков раз относительно клинически здоровых, что частично совпадает с данными нашей работы и свидетельствует о том, что концентрации интерлейкинов можно использовать в качестве перспективных биомаркеров форм течения мастита[11—14].

Исследования (В. И. Зимников, Л. Ю. Сашнина и др.) показывают, что уровень экспрессии генов IL-10 и IL-4 (в крови) был ниже в 2,6 и 1,5 раз у коров больных субклиническим маститом и в 5,8 и 3,9 раз у коров клинически больных маститом в сравнении с клинически здоровыми коровами – это отражается на выработке и изменении концентрации данных цитокинов и приводит к недостаточному синтезу антител В-клетками, что способствует протеканию длительной воспалительной реакции (хронической или субклинической формы мастита) [15].

Данные работы частично сходятся с данными (В. С. Павлова, М. В. Комаров, С. А. Макавчик, В. С. Авдеенко) ранее проведенного исследования в условиях другого хозяйства Новгородской области. Концентрация IL-1β в молоке у группы клинически больных маститом коров в 3,3 раза выше по сравнению с группой клинически здоровых, получен аналогичный результат. В сыворотке крови концентрации IL-1β и IL-10 у группы клинически больных маститом коров по сравнению с группой клинически здоровых не было установлено (менее чем в 1,2 раза), что может быть связано с погрешностью проводимых измерений. Концентрация интерлейкина 10 в молоке субклинически больных маститом коров была выше в 1,5 раза по сравнению с клинически здоровыми, что частично сходиться (увеличение было в 1,2 раза) с данным обсуждаемой работы. Концентрация интерлейкина 10 в молоке выше 2,4 раза выше в группе с клиническим маститом по отношению к группе клинически здоровых дойных коров, что отлича-

ется (увеличение было в 3,4 раза) от данных исходной статьи [14].

Полученные результаты могут отличаться от данных других авторов из-за следующих факторов: характера возбудителя и его количества, породы коровы, возраста, содержания, кормления, наличия профилактических мероприятий, индивидуальных особенностей дойных коров.

ВЫВОДЫ/ CONCLUSION. В результате бактериальной диагностики преимущественно выявлены бактерии рода *Staphylococcus*, где видовое разнообразие составили: *Staphylococcus aureus* (55 %), *Staphylococcus intermedius* (22 %), *Staphylococcus epidermidis* (10 %), *Staphylococcus haemolyticus* (3 %) которые, в своей степени, играют роль в течение и формирование воспалительного процесса и одной из форм мастита у дойных коров.

Установлено изменение концентрации интерлейкинов, как провоспалительных, так и противовоспалительных в молоке и сыворотке крови у дойных коров. Наиболее значимыми были изменения концентрации в молоке в виду локального иммунного ответа организма на чужеродных агентов, в частности IL-2 в 9,9 раз у группы клинически больных маститом по сравнению с группой клинически здоровых и IL-6 в группе клинически больных маститом в 9,5 раз выше по сравнению с группой клинически здоровых дойных коров. Повышение концентрации интерлейкинов в сыворотке крови: для IL-2 в 2 раза выше между группой с субклиническим маститом и группой клинически здоровых и в 4,2 раза между группой клинически больных маститом и группой клинически здоровых коров и концентрация IL-6 у субклинически больных маститом была выше в 3,4 раза по сравнению с группой клинически здоровых и в группе клинически больных маститом в 9,5 раз больше по сравнению с группой клинически здоровых. Это обусловлено защитой макроорганизма коровы от бактерий и участием иммунной системы в ответ на чужеродного агента. Изменение концентрации интерлейкинов IL-1β, IL-8,IL-10 в сыворотке крови между соответствующими группами составило менее чем в 1,2 раза, что может быть связано с погрешностью проводимых измерений и отсутствием выработки данных интерлейкинов для формирования общего иммунного ответа.

Важно понимать, что ряд условий влияет на выработку тех или иных интерлейкинов — это характер и видвозбудителя, возраст животного, порода, кормление, содержания и наличие профилактических мероприятий. Наши данные могут отличаться от данных других авторов, в связи выше упомянутых комбинаций факторов. Полученные значения и корреляция концентраций интерлейкинов могут быть использованы в качестве перспективных биомаркеров течения и формы мастита у лактирующих коров.

DETERMINATION OF THE CONCENTRATION OF INFLAMMATORY AND ANTI-INFLAMMATORY INTERLEUKINES IN DAIRY COWS WITH INFECTIOUS MASTITIS OF STAPHYLOCOCCAL ETIOLOGY

Komarov M. V.* — Postgraduate Student of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID 0009-0001-4852-0692); **Makavchik S. A.** — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology (ORCID 0000-0001-5435-8321).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*miha20136@gmail.com.

ABSTRACT. *The etiology of mastitis is associated with a high percentage (90 %) of isolation of bacteria of the genus Staphylococcus. According to statistics, the problem of mastitis in lactating cows is relevant, since it is associated with the economic costs of treatment and diagnosis. Modern diagnosis of infectious mastitis, based on biomarkers (interleukins) of the inflammatory process, will allow assessing the course and form of mastitis, and significantly reduce the economic costs of diagnosis. The purpose of the study was to determine the concentration of pro-inflammatory (IL-1 β, IL-2, IL-6, IL-8) and anti-inflammatory (IL-4, IL-10) interleukins, in milk and blood serum, in different groups of dairy cows, so that the obtained concentration values could be used as predictive biomarkers of the course of infectious mastitis of staphylococcal etiology. To conduct the study, 3 groups of 10 heads of lactating red-and-white Holstein dairy cows were formed. 10 milk samples and 10 blood samples were taken from each group of dairy cows: clinically healthy, with subclinical and clinical mastitis. The basis for the division into groups was the rapid test for mastitis. To determine the concentration of pro-inflammatory and anti-inflammatory interleukins in serum and milk, the enzyme-linked immunosorbent assay method and the corresponding set for determining the concentration of a particular interleukin were used. The obtained values of concentrations in milk were promising, in particular, IL-2 was increased by 9,9 times in the group of clinically ill mastitis compared to the group of clinically healthy and IL-6 in the group of clinically ill mastitis by 9,5 times compared to the group of clinically healthy cows. Serum interleukin concentrations were increased: for IL-2, 4.2 times between the group of clinically ill mastitis and the group of clinically healthy cows, and IL-6 concentration in the group of clinically ill mastitis was 9,5 times higher compared to the group of clinically healthy cows.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Долганов, В. А. Распространение и этиология маститов у дойных коров / В. А. Долганов, О. С., Епанчинцева и др. // Динамика систем, механизмов и машин. — 2012. — № 5. — С. 107—110.

2. Инфекционные болезни и иммунология животных. Макавчик С. А., Сухинин А. А., Кузьмин В. А. учебное пособие / Санкт-Петербург, 2024. —83 с.

3. Епанчинцева, О. С. Результаты диагностических исследований субклинического мастита у коров / О. С. Епанчинцева и др. // Динамика систем, механизмов и машин. — 2012. — № 5. — С. 114—116.

4. Smirnova, L. I. Bacteriological monitoring of the pathogens of mastitis in dairy complex of the NorthWest region of the Russian Federation / L. I Smirnova et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.—2019. — Vol. 10. — № 1. — P. 2013—2020.

5. Безбородов, Н. В. Профилактика возникновения маститов у коров / Н. В. Безбородов, В. М. Бреславец и др. // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. — 2019. — № 2 (12). — С. 63—70.

6. Bronzo, V. The Role of Innate Immune Response and Microbiome in Resilience of Dairy Cattle to Disease: The Mastitis Model / Bronzo, V.; Lopreiato, V. et al. // Animals, 2020. — № 10. — P. 1397.

7. Макавчик, С. А. Этиологическая структура коагулазоположительных стафилококков в рамках ветеринарного мониторинга / С. А. Макавчик // В сб.: Актуальные вопросы вет. медицины и лаб. диагностики. Материалы межд. научно-практ. кон-ции, посв. 100-летию со дня рождения проф. В. В. Рудакова. — 2023 — С. 191—193.

8. Wakabayashi, Y. Staphylococcal food poisoning caused by Staphylococcus argenteus harboring staphylococcal enterotoxin genes / Wakabayashi, Y; Umeda, K.; Yonogi, S. et al. // Int. J. Food Microbiol, 2018 — 265, P. 23—29.

9. Макавчик, С. А. Лабораторные методы оценки функционирования цитокинов в ветеринарной практике / С. А. Макавчик, В. С. Авдеенко и др. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология — 2024. — № 4.— С. 34—40.

10. Митрейкин, В. Ф. Цитокины и их роль в развитии типовых патологических процессов / В. Ф. Митрейкин и др. / Изд. СПбГМУ. — 2000. — №2. — 64 с.

11. Серебренникова, С. Н. Интерлейкин-1,интерлейкин-10 в регуляции воспалительного процесса / С. Н. Серебренникова, И. Ж. Семинский и др. // Сибирский медицинский журнал. — 2012. — No8. — С. 5—6.

12. Bochniarz, M. Milk and serum IL-4, IL-6, IL-10, and amyloid A concentrations in cows with subclinical mastitis caused by coagulase-negative staphylococci / M. Bochniarz et al. // Journal of Dairy Science, 2017. — V. 100 — №12. — P. 9674—9680.

13. Vitenberga-Verza, Z. Identification of Inflammatory and Regulatory Cytokines IL-1α-, IL-4-, IL-6-, IL-12-, IL-13-, IL-17A-, TNF-α-, and IFN-γ-Producing Cells in the Milk of Dairy Cows with Subclinical and Clinical Mastitis / Vitenberga-Verza, Z.; Pilmane, M. et al. // Pathogens, 2022. — № 11 — P.372. DOI: 10.3390/pathogens11030372

14. Павлова, В.С. Интерлейкины IL-1β и IL-10 как биомаркеры оценки степени тяжести течения воспалительного процесса при инфекционных маститах коров / В. С. Павлова и др. // Международный вестник ветеринарии.— 2025. — № 1. — С. 77 — 83.

15. Зимников, В. И. Иммунологический статус крови клинически здоровых и больных маститом лактирующих коров / В. И.Зимников, Л. Ю.Сашнина, Н .В. Пасько // Генетика и разведение животных. —2023. —№ 4. — С. 59—63. DOI 10.31043/2410-273-2023-4-59-63.

REFERENCES

1. Dolganov, V. A. Distribution and etiology of mastitis in dairy cows / V. A. Dolganov., O S, Epanchintseva et al. // Dynamics of systems, mechanisms and machines. — 2012. — № 5. — P. 107—110. (In Russ.).

2. Infectious diseases and animal immunology. Makavchik S.A ., Sukhinin A. A., Kuzmin V. A. textbook / St. Petersburg, 2024.—83 p.

3. Epanchintseva, O.S. Results of diagnostic studies of subclinical mastitis in cows / O. S. Epanchintseva, S. O. Semerunenko et al.// Dynamics of systems, mechanisms and machines. – 2012. — № 5. — P. 114—116.

4. Smirnova, L. I. Bacteriological monitoring of the pathogens of mastitis in dairy complex of the NorthWest region of the Russian Federation / L. I Smirnova et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.—2019. — Vol. 10. — № 1. — P. 2013—2020.

5. Bezborodov, N. V. Prevention of mastitis in cows / N. V. Bezborodov, V. M. Breslavets, O. B. Lavrova, V. N. Pozdnyakova, T.V. Parnikova//Topical issues of agricultural biology. — 2019. —№ 2 (12). — P. 63—70.

6. Bronzo, V. The Role of Innate Immune Response and Microbiome in Resilience of Dairy Cattle to Disease: The Mastitis Model / Bronzo, V.; Lopreiato, V. et al. // Animals, 2020. — № 10. — P. 1397.

7. Makavchik, S. A. Etiological structure of coagulase-positive staphylococci within the framework of veterinary monitoring / S. A. Makavchik // Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor V. V. Rudakov. — 2023 — P. 191—193.

8. Wakabayashi, Y. Staphylococcal food poisoning caused by Staphylococcus argenteus harboring staphylococcal enterotoxin genes / Wakabayashi, Y; Umeda, K.; Yonogi, S. et al. // Int. J. Food Microbiol, 2018 — 265, P. 23—29.

9. Makavchik, S. A. Laboratory methods for assessing the functioning of cytokines in veterinary practice / S. A. Makavchik, V. S. Avdeenko et al. // Veterinary, Animal Science and Biotechnology — 2024. — № 4.— P. 34—40.

10. Mitreykin, V. F. Cytokines and their role in the development of typical pathological processes / B. F. Mitreykin et al. / Ed. SPbSMU. — 2000. — №2. — 64 p.

11. Serebrennikova, S.N. Interleukin-1, interleukin-10 in the regulation of the inflammatory process / S.N. Serebrennikova et al. // Siberian Medical Journal. — 2012. — No8. — P. 5—6.

12. Bochniarz, M. Milk and serum IL-4, IL-6, IL-10, and amyloid A concentrations in cows with subclinical mastitis caused by coagulase-negative staphylococci / M. Bochniarz et al. // Journal of Dairy Science, 2017. — V. 100 — №12. — P. 9674—9680.

13. Vitenberga-Verza, Z. Identification of Inflammatory and Regulatory Cytokines IL-1α-, IL-4-, IL-6-, IL-12-, IL-13-, IL-17A-, TNF-α-, and IFN-γ-Producing Cells in the Milk of Dairy Cows with Subclinical and Clinical Mastitis / Vitenberga-Verza, Z.; Pilmane, M. et al. // Pathogens, 2022. — № 11 — P.372. DOI: 10.3390/pathogens11030372.

14. Pavlova, V. S. Interleukins IL-1β and IL-10 as biomarkers for assessing the severity of the inflammatory process in infectious mastitis in cows / V. S. Pavlova, M. V. Komarov, S. A. Makavchik, V. S. Avdeenko// International Veterinary Bulletin. — 2025. — No. 1. — P. 77 — 83.

15. Zimnikov, V. I. Immunological status of the blood of clinically healthy and mastitis-infected lactating cows / V. I. Zimnikov, L. Yu. Sashnina, N. V. Pas'ko// Genetics and animal breeding. — 2023. — № 4. — P. 59-63. DOI 10.31043/2410-273-2023-4-59-63.

УДК: 619:616.98:579.68:639.3
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.68

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МАССОВОЙ ГИБЕЛИ РЫБ В ХОЗЯЙСТВАХ АКВАКУЛЬТУРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА И СТРАТЕГИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДЕТЕКЦИИ

Костромин Е. А. — канд. биол. наук, доц. каф. аквакультуры и болезней рыб (0000-0002-1242-8392);
Племяшов К. В. — д-р ветеринар. наук, проф., член-корр. РАН, ректор (ORCID 0000-0002-3658-5886);
Крутикова А. А.* — канд. биол. наук, доц. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0003-2561-145x).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*anntim2575@mail.ru.

Ключевые слова: *аквакультура, болезни рыб, лактококкоз, фурункулёз, йерсиниоз, флавобактериоз, псевдомоноз, ПЦР-диагностика, Северо-Западный регион.*

Key words: *aquaculture, fish diseases, lactococcosis, furunculosis, yersiniosis, flavobacteriosis, pseudomonosis, PCR diagnostics, North-Western region.*

Поступила: 15.02.2026
Принята к публикации: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Лососеводство и рыбоводство Северо-Западного федерального округа (СЗФО) обеспечивают более 70 % российского производства товарной форели и значительную долю продукции из сиговых рыб и осетровых. К наиболее распространённым вирусным патогенам Северо-Западного региона традиционно относят возбудителей инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHN), вирусной геморрагической септицемии (VHS) и инфекционного некроза поджелудочной железы (IPN). Обследованием были охвачены рыбоводческие хозяйства в Ленинградской области (садковые и бассейновые), в Республике Карелия (садковые на озёрах и реках) и в Новгородской области (проточные бассейны). Работа велась в 2021—2025 гг.; отбор материала приурочивали к периодам зарегистрированной гибели рыбы с потерей поголовья не менее 10 % за 7 суток. Были исследованы представители радужной форели (Oncorhynchus mykiss), атлантического лосося (Salmo salar), сига (Coregonus lavaretus) и прочие. Выборки включали разновозрастные группы — от молоди массой 1—5 г до товарной рыбы. Renibacterium salmoninarum, мотильные аэромонады комплекса Aeromonas hydrophila, а также вирусные агенты IHN, VHS и IPN, оказались не связаны с эпизоотической ситуацией, зафиксированной нами при обследовании рыбоводческих хозяйств Ленинградской области, Республики Карелия и Новгородской области в 2021—2025 гг. Основными этиологически значимыми агентами массовой гибели рыбы в обследованных хозяйствах стали: Lactococcus garvieae, Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, Yersinia ruckeri, Flavobacterium psychrophilum и Pseudomonas spp. Совокупно эти патогены обусловили не менее 80 % зарегистрированной гибели поголовья. Работа посвящена описанию клинической картины при каждой нозологической форме, а также стратегии применения ПЦР-протоколов и молекулярным мишеням для молекулярно-генетической верификации патогена.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Лососеводство и рыбоводство Северо-Западного федерального округа (СЗФО) обеспечивают более 70 % российского производства товарной форели и значительную долю продукции из сиговых рыб и осетровых [1]. При высокой плотности посадки, характерной для садкового и бассейнового рыбоводства, инфекционные болезни остаются одним из главных лимитирующих факторов отрасли: по различным оценкам, ежегодные потери от болезней составляют от 8 до 15 % оборота биомассы [2].

Отраслевые справочные издания, включая финское руководство по болезням лососёвых и сиговых рыб [3], а также отечественные и зарубежные монографии по ихтиопатологии [4], относят к числу наиболее опасных бактериальных агентов для данного региона прежде всего *Renibacterium salmoninarum* — возбудителя бактериальной болезни почек (BKD, bacterial kidney disease). Этот медленно растущий грамположительный диплобацилл формирует хронические гранулематозные поражения почек и гемопоэтической ткани и передаётся как горизонтально, так и вертикально; летальность среди лосося и форели при субклинической форме ниже, чем при острой, при этом носительство может сохраняться годами [5]. В той же группе «приоритетных» возбудителей фигурируют мотильные аэромонады комплекса *Aeromonas hydrophila/veronii/caviae*, вызывающие мотильный аэромоноз — острую геморрагическую септицемию, ассоциированную преимущественно с тепловодными видами [6].

К наиболее распространённым вирусным патогенам Северо-Западного региона традиционно

относят возбудителей инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHN), вирусной геморрагической септицемии (VHS) и инфекционного некроза поджелудочной железы (IPN). При этом два первых остаются в действующем перечне нотифицируемых болезней ВОЗЖ (WOAH) [8]. IPN же был исключён из этого перечня ещё в 2005 г. как повсеместно распространённая, эндемичная для лососеводческих регионов инфекция. Несмотря на это IPN продолжает регистрироваться и наносить хозяйствам экономический ущерб. Наличие IHN и VHS в ввозимом рыбопосадочном материале периодически фиксировалось российскими ветеринарными службами при пограничном контроле, поэтому задачи региональных ветеринарных служб традиционно направлены прежде всего на исключение именно этих нозологических форм.

Между тем реальная бактериологическая картина вспышек с массовой гибелью рыбы, происходящих непосредственно на фермах СЗФО, до последнего времени оставалась детально не изученной: публикуемые сведения носят преимущественно клинический или описательный характер без молекулярно-генетической верификации этиологии. Настоящая работа представляет результаты систематического диагностического мониторинга, проведённого в хозяйствах трёх субъектов Северо-Западного округа, а также молекулярно-генетический анализ локусов в геноме анализируемых патогенов, которые могут выступать в роли мишеней для ПЦР-протоколов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Обследованием были охвачены рыбоводческие хозяйства в Ленинградской области (садковые и бассейновые), в Республике Карелия (садковые на озёрах и реках) и в Новгородской области (проточные бассейны). Работа велась в 2021—2025 гг.; отбор материала приурочивали к периодам зарегистрированной гибели рыбы с потерей поголовья не менее 10 % за 7 суток. Были исследованы представители радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), атлантического лосося (*Salmo salar*), сига (*Coregonus lavaretus*) и прочие. Выборки включали разновозрастные группы — от молоди массой 1—5 г до товарной рыбы.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Бактериальные патогены установлены как причина массовой гибели рыбы в большинстве обследованных хозяйств. Ни в одном случае не были выявлены *R. salmoninarum*, мотильные аэромонады (*A. hydrophila* комплекс) или вирусы IHN, VHS, IPN. Получена принципиально иная этиологическая картина, которую нельзя было предсказать на основании сложившихся региональных стереотипов.

Всего идентифицировано пять видов бактерий-возбудителей: *Lactococcus garvieae, Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, Yersinia ruckeri, Flavobacterium psychrophilum* и *Pseudomonas spp.* В некоторых хозяйствах зарегистрированы смешанные инфекции двумя и более агентами.

В форелеводческих хозяйствах Ленинградской области наиболее широко представлен патоген L. garvieae, вызывающий лактококкоз. Клиническая картина не отличалась региональным своеобразием и полностью соответствовала описаниям из европейской литературы [9]: острая форма — экзофтальмия, геморрагии на серозных покровах, кровоизлияния в основании плавников, мутный асцит; рыба погибала в течение 24—48 ч от первых симптомов. Все вспышки пришлись на июль–август при температуре воды 17 °C и выше; при охлаждении ниже 15°C гибель прекратилась без каких-либо терапевтических мероприятий.

При использовании ПЦР-диагностики видовую принадлежность *L. garvieae* возможно подтвердить двумя ПЦР-системами — по гену *gyrB* и по ITS (Internal Transcribed Spacer) — межгенному транскрибируемому спейсеру, расположенному между генами рибосомальной РНК. Он не кодирует белок, но транскрибируется. Ключевым свойством ITS является значимое различие между изолятами по размеру амплифицированного фрагмента, при этом он сравнительно стабилен внутри вида. Поэтому его используют как «штрихкод» для идентификации видов. Иногда дифференциация по ITS оказывается недостаточной: другие изоляты могут давать продукт той же длины, что и *L. garvieae*, однако при секвенировании гена gyrB исследуемых изолятов их иногда относят к *L. petauri* — таксону, недавно выделенному из группы *L. garvieae* [10]. Значимость этого разграничения для практики состоит в том, что аутогенные вакцины, производимые на основе изолятов одного вида, могут не обеспечивать защиту от другого.

Фурункулёз рыб (возбудитель *Aeromonas salmonicida подвид salmonicida*) по частоте встречаемости занял второе место. Болезнь фиксировали у радужной форели и атлантического лосося независимо от сезона, хотя пики смертности тяготели к весеннему и осеннему периодам. Патологоанатомически у рыбы обнаруживали некроз почки и селезёнки, геморрагическую септицемию, а у части особей фурункулы в мускулатуре.

Для молекулярно-генетического подтверждения наличия данного возбудителя оптимальным является использование ПЦР с праймерами, специфичными к гену vapA, кодирующему белок VapA — основной компонент поверхностного S-слоя *Aeromonas salmonicida* подвид *salmonicida*. Белок VapA образует кристаллический слой на поверхности бактерий, защищая её от фагоцитоза. Такая специфическая ПЦР используется как диагностический тест для подтверждения классической формы возбудителя фурункулёза, поскольку типичные штаммы *A. salmonicida* подвид *salmonicida* всегда несут ген vapA и дают чёткий положительный результат. Однако иногда выделенные штаммы дают слабую или отрицательную реакцию в vapA-ПЦР. Как показали недавние европейские исследования, эта проблема не нова: среди норвежских и чилийских изолятов доля vapA-дефицитных штаммов при вспышках достигает 20—30

% [15]. Применение праймеров Fer3/Fer4, специфичных к гену *fstA*, позволяет верифицировать все атипичные штаммы [11], а секвенирование гена gyrB подтверждает их принадлежность к подвиду salmonicida с вероятностью > 99 %.

В летний период в хозяйствах также обнаруживается йерсиниоз (возбудитель *Y. ruckeri*). Наблюдается клиническая картина, совпадающая с классическим описанием йерсиниоза: подкожные петехии у углов рта, экзофтальмия, воспаление дистального кишечника с жёлтым серозным экссудатом. Нередко заболевание возникает у рыбы, прошедшей вакцинацию против йерсиниоза. Диагностику рекомендуется проводить с помощью ПЦР с праймерами к гену fliR с последующей рестрикцией продукта. В исследованиях было показано, что изоляты, относящиеся к биотипу 2, способны уклоняться от вакцинального иммунитета [12]. Известны случаи, когда у клинически здоровой рыбы *Y. ruckeri* был выявлен только методом ПЦР по селезёнке при отрицательном бактериологическом посеве из почки, что является скрытым носительством, описанным для данного вида патогенов [13].

Флавобактериоз, вызываемый *F. psychrophilum*, имеет равномерное распределение по регионам Северо-Запада. Данный патоген был обнаружен как в карельских садковых хозяйствах, так и на бассейновых предприятиях Ленинградской области. Высокая смертность молоди (у партий форели массой < 5 г она может превышать 70 % за трое суток) констатирована весной и в октябре, что соответствует оптимальному температурному диапазону для роста патогена — 15—18°C. У взрослой рыбы болезнь проявляется язвами в области хвостового стебля и спины без системной симптоматики.

Диагностировать наличие патогена *F. psychrophilum* можно с помощью ПЦР с праймерами Fp1/Fp2 к гену 16S рРНК. Все изоляты дают специфический ПЦР-продукт ~1100 п.н. Сходство 16S rRNA-последовательностей с референтными штаммами GenBank составляет 99,7—100 %. По данным сравнительной геномики, устойчивые популяции *F. psychrophilum* циркулируют в Балтийском бассейне на протяжении нескольких десятилетий [14]; с учётом этого появление патогена в хозяйствах СЗФО выглядит скорее закономерным продолжением уже идущего процесса, чем новой вспышкой.

На фоне предшествующего иммуносупрессивного воздействия в виде зимней гипоксии или высокой плотности посадки рыбы в мае практически всегда выявляется псевдомоноз (возбудитель *Pseudomonas spp.*). Микробиологические методы при идентификации изолятов *Pseudomonas spp.* показали низкую разрешающую способность, допуская двоякую интерпретацию у 6 из 8 изолятов. Такая ситуация требует видовой ПЦР по 16S rRNA. Дополнительное секвенирование итоговых продуктов позволит достоверно отнести часть изолятов к *P. fluorescens*, а часть к *P. putida*. Практически никогда выявление Pseudomonas не является первичной этиологической находкой — обычно данный возбудитель присутствует в сочетании с одним из перечисленных выше патогенов.

Таким образом, диагностический алгоритм для детекции перечисленных патогенов должен основываться на двух параллельных ПЦР-форматах. Мультиплексная реакция [7] позволяет одновременно детектировать *A. salmonicida, F. psychrophilum* и *Y. ruckeri*; принципиальные различия в размере ампликонов исключают ошибочную интерпретацию при визуализации в агарозном геле. Параллельно проводят дуплексную ПЦР по *L. garvieae*/*L. petauri*. При положительном результате любой реакции требуется обязательное секвенирование по Сэнгеру. Для *Pseudomonas spp.* ПЦР рекомендуется лишь при росте флуоресцентных оксидазоположительных колоний на дифференциально-диагностических средах.

Наибольшую диагностическую сложность создают vapA-отрицательные изоляты *A. salmonicida*: их выявление возможно только с применением праймеров к гену *fstA* [11], что подтверждает целесообразность включения этой ПЦР-системы в стандартный диагностический набор. Другой нетривиальный случай — дифференциация *L. garvieae* и *L. petauri*: без секвенирования гена gyrB эти два вида неразличимы стандартными микробиологическими методами [10].

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION. Результаты настоящего исследования демонстрируют очевидное расхождение между структурой инфекционной патологии, прогнозируемой по литературным данным, и реальной эпизоотической обстановкой на рыбоводных предприятиях СЗФО в 2021—2025 гг. Ни *R. salmoninarum*, ни мотильные аэромонады, ни «классические» вирусные патогены при вспышках с массовой гибелью рыбы выявлены не были, поскольку ветеринарный надзор при ввозе рыбопосадочного материала из северных стран Европы в последние годы ориентирован на исключение именно *R. salmoninarum* и нотифицируемых вирусных агентов. С точки зрения действующей нормативной базы такая логика понятна, однако она оставляет без контроля возбудителей, не включённых в карантинные перечни. Между тем *L. garvieae* и биотип 2 *Y. ruckeri* при перемещении живой рыбы согласно ветеринарным правилам никаких специальных ограничений не требуют, хотя масштаб потерь от них в хозяйствах нередко сопоставим с потенциальными потерями от BKD.

Кроме того, диагностика на фермах СЗФО зачастую ограничивается клинической картиной и бактериологическим посевом без молекулярного подтверждения. При такой системе атипичные штаммы *A. salmonicida* с редуцированным S-слоем легко могут быть приняты за мотильных аэромонад. Патогены *L. garvieae* и *L. petauri* без gyrB-ПЦР неразличимы, а носительство *Y. ruckeri* вовсе не обнаруживается без ПЦР. Судя по этим данным, перечисленные бактериальные патогены, вероятно, распространены в хозяйствах шире, чем показывает текущая статистика, — без молекуляр-

ного мониторинга часть случаев попросту остаётся нераспознанной.

Зоонозный статус *L. garvieae* (документированные случаи эндокардита и бактериемии у людей, работающих с сырой рыбой [16]) добавляет к производственному ущербу ещё и санитарно-эпидемиологический аспект. В регионе с относительно коротким, но тёплым летом пиковая заболеваемость в июле–августе при температуре >17°C совпадает с периодом максимальной производственной нагрузки хозяйств, усиливая экономические последствия.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В ходе диагностического мониторинга рыбоводных хозяйств Северо-Западного региона России установлено, что основными причинами массовой гибели рыбы в 2021—2025 гг. служили пять бактериальных агентов: *L. garvieae, A. salmonicida* подвид *salmonicida*, *Y. ruckeri, F. psychrophilum* и *Pseudomonas spp.* Их совокупный вклад составил порядка 80 % зарегистрированной гибели рыбы, тогда как возбудители, традиционно упоминаемые в качестве «приоритетных» для данного региона (*R. salmoninarum*, мотильные аэромонады, IHN/VHS/IPN), не были выявлены ни в одном случае вспышки.

Внедрение молекулярно-генетической верификации с применением мультиплексной ПЦР, дуплексного анализа по гену *gyrB* и секвенирования по Сэнгеру обеспечит надёжную видовую идентификацию, включая атипичные vapA-отрицательные штаммы *A. salmonicida* и дифференциацию *L. garvieae/L. petauri.* Полученные данные обосновывают пересмотр диагностических алгоритмов и профилактических программ для хозяйств СЗФО с включением в них ПЦР-мониторинга всех перечисленных патогенов.

DIAGNOSTIC MONITORING OF MASS FISH MORTALITY IN NORTH-WESTERN RUSSIAN AQUACULTURE FARMS AND STRATEGY OF MOLECULAR GENETIC DETECTION

Kostromin E. A., PhD. (Biology), Assoc. Professor, Department of Aquaculture and Fish Diseases (0000-0002-1242-8392); **Plemyashov K. V.** — D. Sc. (Veterinary Science), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector (ORCID 0000-0002-3658-5886); **Krutikova A. A.*** – Ph.D. (Biology), Assoc. Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnology (ORCID 0000-0003-2561-145x).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* anntim2575@mail.ru.

ABSTRACT. *Salmon farming and fish farming in the Northwestern Federal District (NWFD) account for over 70 % of Russia's commercial trout production and a significant share of whitefish and sturgeon products. The most common viral pathogens in the Northwestern region traditionally include infectious hematopoietic necrosis (IHN), viral hemorrhagic septicemia (VHS), and infectious pancreatic necrosis (IPN). The survey covered fish farms in the Leningrad Region (cage and tank farms), the Republic of Karelia (cage farms on lakes and rivers), and the Novgorod Region (flow-through farms). The study was conducted from 2021 to 2025; sample collection was timed to coincide with periods of recorded fish mortality with at least a 10% loss in 7 days. Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss), Atlantic salmon (Salmo salar), whitefish (Coregonus lavaretus), and other species were studied. Samples included groups of various ages, from juveniles weighing 1–5 g to commercial fish. Renibacterium salmoninarum, motile aeromonads of the Aeromonas hydrophila complex, as well as viral agents IHN, VHS, and IPN, were not associated with the epizootic situation we recorded during our survey of fish farms in the Leningrad Region, the Republic of Karelia, and the Novgorod Region in 2021—2025. The main etiologically significant agents of mass fish mortality in the surveyed farms were: Lactococcus garvieae, Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida, Yersinia ruckeri, Flavobacterium psychrophilum, and Pseudomonas spp. Collectively, these pathogens accounted for at least 80 % of the recorded livestock mortality. This paper describes the clinical presentation for each disease entity, as well as strategies for using PCR protocols and molecular targets for molecular genetic verification of the pathogen.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воронин В. Н. Болезни лососевых и сиговых рыб при садковом выращивании в условиях Северо-Запада России: лекционный курс. — СПб.: СПбГУВМ, 2021. — 158 с.

2. Austin B., Austin D. A. Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish. 6th ed. — Cham: Springer, 2016. — 732 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32674-0.

3. Wiklund T., Bylund G. Diseases of Salmonid and Coregonid Fish in Intensive Culture. — Helsinki: Finnish Game and Fisheries Research Institute, 1997. — 210 p.

4. Evenden A. J., Grayson T. H., Gilpin M. L., Munn C. B.

REFERENCES

1. Voronin V. N. Diseases of salmonid and coregonid fish in cage culture in the North-West of Russia: lecture course. — Saint-Petersburg: SPbGUVM, 2021. — 158 p. [In Russian].

2. Austin B., Austin D. A. Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish. 6th ed. — Cham: Springer, 2016. — 732 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32674-0.

3. Wiklund T., Bylund G. Diseases of Salmonid and Coregonid Fish in Intensive Culture. — Helsinki: Finnish Game and Fisheries Research Institute, 1997. — 210 p.

4. Evenden A. J., Grayson T. H., Gilpin M. L., Munn C. B.

Renibacterium salmoninarum and bacterial kidney disease — the unfinished jigsaw // Annu. Rev. Fish Dis. — 1993. — Vol. 3. — P. 87–104.

5. Olymon K., Yadav M., Teronpi V., Kumar A. Unravelling the genomic secrets of bacterial fish pathogens: a roadmap to aquaculture sustainability // Mol. Biol. Rep. — 2024. — Vol. 51. — Art. 364. DOI: 10.1007/s11033-024-09331-w.

6. Nhinh D. T., Le D. et al. Prevalence, virulence gene distribution and alarming the multidrug resistance of Aeromonas hydrophila associated with disease outbreaks in freshwater aquaculture // Antibiotics. — 2021. — Vol. 10, No. 5. — Art. 532. DOI: 10.3390/antibiotics10050532.

7. Del Cerro A., Marquez I., Guijarro J. A. Simultaneous detection of Aeromonas salmonicida, Flavobacterium psychrophilum, and Yersinia ruckeri, three major fish pathogens, by multiplex PCR // Appl. Environ. Microbiol. — 2002. — Vol. 68, No. 10. — P. 5177–5180. DOI: 10.1128/AEM.68.10.5177-5180.2002.

8. WOAH. Aquatic Animal Health Code, 25th ed., Chapters 10.6 (Infection with infectious haematopoietic necrosis virus) and 10.10 (Infection with viral haemorrhagic septicaemia virus). — Paris: WOAH, 2023. URL: https://www.woah.org.

9. Meyburgh C. M., Bragg R. R., Boucher C. E. Lactococcus garvieae: an emerging bacterial pathogen of fish // Dis. Aquat. Org. — 2017. — Vol. 123. — P. 67–79. DOI: 10.3354/dao03083.

10. González-Martín D., Ubieto M. et al. Comparative molecular and antimicrobial analysis of Lactococcus garvieae and Lactococcus petauri from marine and freshwater fish farms in the Mediterranean // Animals. — 2026. — Vol. 16, No. 2. — Art. 277. DOI: 10.3390/ani16020277.

11. Beaz-Hidalgo R., Magi G. E. et al. Development of a PCR protocol for the detection of Aeromonas salmonicida in fish by amplification of the fstA (ferric siderophore receptor) gene // Vet. Microbiol. — 2008. — Vol. 128. — P. 386–394. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.10.004.

12. Kumar G., Menanteau-Ledouble S., Saleh M., El-Matbouli M. Yersinia ruckeri, the causative agent of enteric redmouth disease in fish // Vet. Res. — 2015. — Vol. 46. — Art. 103. DOI: 10.1186/s13567-015-0238-4.

13. Sibinga N. A., Marquis H. Tissue-specific differences in detection of Yersinia ruckeri carrier status in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) // J. Fish Dis. — 2021. — Vol. 44, No. 12. — P. 2013–2020. DOI: 10.1111/jfd.13515.

14. Castillo D., Donati V. L. et al. Comparative genomic analyses of Flavobacterium psychrophilum isolates reveals new putative genetic determinants of virulence traits // Microorganisms. — 2021. — Vol. 9, No. 8. — Art. 1658. DOI: 10.3390/microorganisms9081658.

15. Mancilla M., Ojeda A. et al. Major antigenic differences in Aeromonas salmonicida isolates correlate with the emergence of a new strain causing furunculosis in Chilean salmon farms // Front. Cell. Infect. Microbiol. — 2025. — Vol. 15. — Art. 1508135. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1508135.

16. Gibello A., Galán-Sánchez F., Blanco M. M., Rodríguez-Iglesias M., Domínguez L., Fernández-Garayzábal J. F. The zoonotic potential of Lactococcus garvieae: an overview on microbiology, epidemiology, virulence factors and relationship with its presence in foods // Res. Vet. Sci. — 2016. — Vol. 109. — P. 59–70. DOI: 10.1016/j.rvsc.2016.09.010.

Renibacterium salmoninarum and bacterial kidney disease — the unfinished jigsaw // Annu. Rev. Fish Dis. — 1993. — Vol. 3. — P. 87–104.

5. Olymon K., Yadav M., Teronpi V., Kumar A. Unravelling the genomic secrets of bacterial fish pathogens: a roadmap to aquaculture sustainability // Mol. Biol. Rep. — 2024. — Vol. 51. — Art. 364. DOI: 10.1007/s11033-024-09331-w.

6. Nhinh D. T., Le D. et al. Prevalence, virulence gene distribution and alarming the multidrug resistance of Aeromonas hydrophila associated with disease outbreaks in freshwater aquaculture // Antibiotics. — 2021. — Vol. 10, No. 5. — Art. 532. DOI: 10.3390/antibiotics10050532.

7. Del Cerro A., Marquez I., Guijarro J. A. Simultaneous detection of Aeromonas salmonicida, Flavobacterium psychrophilum, and Yersinia ruckeri, three major fish pathogens, by multiplex PCR // Appl. Environ. Microbiol. — 2002. — Vol. 68, No. 10. — P. 5177–5180. DOI: 10.1128/AEM.68.10.5177-5180.2002.

8. WOAH. Aquatic Animal Health Code, 25th ed., Chapters 10.6 (Infection with infectious haematopoietic necrosis virus) and 10.10 (Infection with viral haemorrhagic septicaemia virus). — Paris: WOAH, 2023. URL: https://www.woah.org.

9. Meyburgh C. M., Bragg R. R., Boucher C. E. Lactococcus garvieae: an emerging bacterial pathogen of fish // Dis. Aquat. Org. — 2017. — Vol. 123. — P. 67–79. DOI: 10.3354/dao03083.

10. González-Martín D., Ubieto M. et al. Comparative molecular and antimicrobial analysis of Lactococcus garvieae and Lactococcus petauri from marine and freshwater fish farms in the Mediterranean // Animals. — 2026. — Vol. 16, No. 2. — Art. 277. DOI: 10.3390/ani16020277.

11. Beaz-Hidalgo R., Magi G. E. et al. Development of a PCR protocol for the detection of Aeromonas salmonicida in fish by amplification of the fstA (ferric siderophore receptor) gene // Vet. Microbiol. — 2008. — Vol. 128. — P. 386–394. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.10.004.

12. Kumar G., Menanteau-Ledouble S., Saleh M., El-Matbouli M. Yersinia ruckeri, the causative agent of enteric redmouth disease in fish // Vet. Res. — 2015. — Vol. 46. — Art. 103. DOI: 10.1186/s13567-015-0238-4.

13. Sibinga N. A., Marquis H. Tissue-specific differences in detection of Yersinia ruckeri carrier status in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) // J. Fish Dis. — 2021. — Vol. 44, No. 12. — P. 2013–2020. DOI: 10.1111/jfd.13515.

14. Castillo D., Donati V. L. et al. Comparative genomic analyses of Flavobacterium psychrophilum isolates reveals new putative genetic determinants of virulence traits // Microorganisms. — 2021. — Vol. 9, No. 8. — Art. 1658. DOI: 10.3390/microorganisms9081658.

15. Mancilla M., Ojeda A. et al. Major antigenic differences in Aeromonas salmonicida isolates correlate with the emergence of a new strain causing furunculosis in Chilean salmon farms // Front. Cell. Infect. Microbiol. — 2025. — Vol. 15. — Art. 1508135. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1508135.

16. Gibello A., Galán-Sánchez F., Blanco M. M., Rodríguez-Iglesias M., Domínguez L., Fernández-Garayzábal J. F. The zoonotic potential of Lactococcus garvieae: an overview on microbiology, epidemiology, virulence factors and relationship with its presence in foods // Res. Vet. Sci. — 2016. — Vol. 109. — P. 59–70. DOI: 10.1016/j.rvsc.2016.09.010.

УДК: 619:616.993.192
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.73

ПИЛОТНАЯ ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ *BABESIA SPP.* У ЛОШАДЕЙ

Дёмкина О. В.[1]— ст. науч. сотр., канд. ветеринар. наук (ORCID: 0000-0001-9303-4100); **Котельников Д. Д.**[2] — студент ФВМЗБ (ORCID: 0009-0003-5159-5796).

[1]ФГБНУ ДальЗНИВИ.

[2]ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

*demkina-olsen@mail.ru.

Ключевые слова: *лошади, Babesia spp., пироплазмидозы, микроскопия, ПЦР, латентное носительство, согласованность методов, Каппа-Коэн.*

Key words: *horses, Babesia spp., equine piroplasmosis, microscopy, PCR, latent carrier status, method agreement, Cohen kappa.*

Поступила в редакцию / Received: 26.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Пироплазмидозы лошадей сохраняют значение в ветеринарной практике вследствие возможности острого течения и формирования латентного носительства, при котором лабораторное выявление возбудителя затруднено. Цель исследования состояла в пилотной оценке согласованности результатов микроскопии окрашенных мазков крови, локальной скрининг-ПЦР и лабораторной ПЦР с детекцией в режиме реального времени при выявлении Babesia spp. у лошадей различного клинического статуса. Обследованы 14 животных. У всех выполнены клинический осмотр, микроскопия тонких мазков периферической крови, скрининг-ПЦР с использованием коммерческого набора для выявления ДНК Babesia spp. и исследование в аккредитованной ветеринарной лаборатории, результаты которого приняты за метод сравнения. Полный протокол лабораторного метода не раскрывался, поэтому его использовали как сравнительный, а не абсолютный референсный метод. Клинические признаки, совпадающие с острым течением инвазии, зарегистрированы у 3 из 14 животных, у которых возбудитель выявлен микроскопически и скрининг-ПЦР. Лабораторная ПЦР дала положительный результат у 10 из 14 лошадей, включая клинически здоровых животных, отрицательных по рутинным методам. Положительное процентное согласие микроскопии и локальной скрининг-ПЦР с методом сравнения составило по 30,0 %, отрицательное процентное согласие составило 100,0 и 75,0 %, соответственно. Коэффициент Каппа-Коэна составил 0,196 и 0,034 при слабой согласованности. Показатели приведены с 95 % доверительными интервалами по методу Уилсона. Отрицательный результат рутинных методов не исключает инвазию Babesia spp. у клинически здоровых лошадей. Полученные оценки предварительны и требуют проверки на расширенной выборке с применением валидированного референсного метода.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Пироплазмидозы лошадей относятся к трансмиссивным заболеваниям, влияющим на спортивное и племенное использование, а также ограничивающим перемещение между регионами и странами. Основными возбудителями считаются внутриклеточные гемопаразиты *Theileria equi* и *Babesia caballi*, передающиеся иксодовыми клещами. Заболевание может протекать остро, с лихорадкой, анемией, угнетением, снижением работоспособности и иктеричностью слизистых оболочек, либо переходить в субклиническое состояние, при котором животные остаются внешне здоровыми, но могут оставаться носителями [1, 2]. По данным региональных исследований, доля инвазированных лошадей широко варьирует и в некоторых территориях достигает высоких значений [3—5].

Особую сложность представляет выявление животных с низким уровнем паразитемии. При остром течении инвазии микроскопия окрашенных мазков крови остаётся доступным и быстрым методом, позволяющим визуально обнаружить внутриклеточные формы пироплазмид в эритроцитах. Чувствительность микроскопии резко снижается при субклиническом течении и латентном носительстве, когда количество паразитов в периферической крови может быть ниже порога визуального обнаружения [6].

Молекулярно-генетические методы, в первую очередь классическая полимеразная цепная реакция с электрофоретической детекцией продуктов и полимеразная цепная реакция в режиме реального времени (РВ-ПЦР), обладают более высокой аналитической чувствительностью и позволяют выявлять ДНК возбудителя при низкой паразитемии [7, 8]. Диагностическая эффективность кон-

кретного теста зависит от качества выделения нуклеиновых кислот, наличия ингибиторов реакции в пробе крови, концентрации ДНК возбудителя, выбора генетической мишени, соответствия праймеров и зондов видам возбудителя, а также корректности интерпретации пороговых значений амплификации. Это затрудняет прямое сопоставление результатов, полученных в разных лабораториях, и требует осторожной интерпретации при расхождении данных микроскопии, локальной скрининг-ПЦР и исследований специализированных лабораторий [9]. В Амурской области лошади содержатся в условиях контакта с иксодовыми клещами, а перемещение спортивных и племенных животных создаёт практическую потребность в надёжном лабораторном выявлении гемопаразитарных инвазий [10]. Для пироплазмид лошадей дополнительное значение имеет генетическая вариабельность, описанная для разных географических регионов [11—14]. Поэтому важна не только диагностика клинически выраженных случаев, но и возможность обнаружения возбудителя у животных без явных признаков заболевания. Цель исследования состояла в пилотной оценке согласованности результатов микроскопии тонких мазков крови, локальной скрининг-ПЦР и лабораторной РВ-ПЦР при выявлении *Babesia spp.* у лошадей различного клинического статуса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование носило пилотный сравнительный характер и проведено в период с июля по сентябрь 2025 г. В работу включены 14 лошадей, содержавшихся в разных конюшнях и районах Амурской области. Животные имели различный клинический статус: часть лошадей не имела выраженных признаков заболевания, у отдельных животных отмечались клинические проявления, совместимые с острым течением пироплазмидоза. Перед отбором биоматериала у каждого животного проводили клинический осмотр с оценкой общего состояния, температуры тела, частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, цвета видимых слизистых оболочек, аппетита и работоспособности. Клинические признаки учитывали как выраженные при наличии лихорадки, угнетения, снижения работоспособности, бледности или иктеричности слизистых оболочек и других симптомов, характерных для гемопаразитарных инвазий лошадей.

У всех животных отбирали цельную венозную кровь в вакуумные пробирки с кЭДТА. Одновременно изготавливали тонкие мазки периферической крови для микроскопического исследования. Один образец крови направляли в аккредитованную ветеринарную лабораторию для исследования методом РВ-ПЦР на *Babesia spp.*, второй образец и мазки крови исследовали в лаборатории отдела микробиологии, вирусологии и иммунологии ДальЗНИВИ. Пробоподготовку и лабораторные исследования выполняли не позднее 48 часов после отбора биоматериала. Исследование не предусматривало других процедур, не связанных с оказанием ветеринарной помощи. Отбор крови выполняли при обращении владельцев за ветеринарной помощью или по их запросу для лабораторного подтверждения диагноза. Дополнительные методы диагностики проводили на уже полученном биоматериале с согласия владельцев. Все результаты, использованные для анализа, были обезличены.

Для микроскопии использовали тонкие мазки периферической крови, окрашенные по методу Diff-Quik в соответствии с инструкцией производителя. Готовые препараты исследовали методом световой микроскопии при увеличении ×1000 с иммерсией. Положительным результатом считали обнаружение внутриклеточных форм, морфологически соответствующих *Babesia spp.*, в эритроцитах: одиночных или парных грушевидных форм, кольцевидных форм и мерозоитов. Результат учитывали как положительный при выявлении хотя бы одной паразитарной формы при просмотре 100 полей зрения.

Локальную скрининг-ПЦР проводили с использованием коммерческого набора реагентов для выявления ДНК *Babesia spp.* в клиническом материале методом полимеразной цепной реакции с детекцией результатов в режиме реального времени. Целевой ген в инструкции к набору производителем не указан. Исследование включало выделение ДНК из цельной крови согласно протоколу производителя набора, приготовление реакционной смеси, внесение выделенной пробы нуклеиновых кислот, постановку положительного и отрицательного контролей, а также внутреннего контроля реакции. Положительным контролем служила ДНК *Babesia spp.*, отрицательным контролем служила реакционная смесь без матричной ДНК.

Амплификацию проводили на приборе qTower 2.2 (Analytik Jena, Германия) с детекцией в режиме реального времени. Каждую пробу исследовали в двух повторностях. Программа амплификации включала начальную денатурацию и активацию полимеразы при 95 °C в течение 15 мин, далее 45 циклов: 95 °C в течение 15 с и 60 °C в течение 20 с. Регистрацию флуоресцентного сигнала проводили при 60 °C: канал HEX/JOE использовали для детекции накопления специфического продукта амплификации, канал FAM применяли для оценки внутреннего контроля. Результат считали положительным при наличии сигнала амплификации выше установленного порога детекции в соответствии с инструкцией производителя. При отсутствии специфического сигнала и корректном прохождении внутреннего контроля результат учитывали как отрицательный.

В качестве метода сравнения использовали результаты исследования цельной крови методом РВ-ПЦР, выполненного в аккредитованной ветеринарной лаборатории Vet Union (г. Москва) по тесту «Бабезия (*Babesia spp.*)». Согласно открытой информации лаборатории, исследуемым материалом служит венозная цельная кровь, метод исследования представляет собой ПЦР с детекцией сигнала в режиме реального времени, фор-

мат результата качественный: «ДНК обнаружена» либо «ДНК не обнаружена». Полный внутренний протокол лабораторного метода, включая последовательности праймеров и зондов, целевой участок генома, предел обнаружения и параметры внутренней валидации, лабораторией не раскрывается. По этой причине результаты лабораторной РВ-ПЦР использовали не как абсолютный референсный, а как сравнительный метод, позволяющий перекрёстно оценить результаты микроскопии и локальной скрининг-ПЦР.

Для каждого метода строили таблицу сопряжённости 2 × 2, в которой учитывали число проб, положительных по обоим методам (a), положительных только по методу сравнения (c), положительных только по исследуемому методу (b) и отрицательных по обоим методам (d).

Поскольку независимый референсный метод с подтверждённой диагностической точностью отсутствовал, рассчитывали показатели согласия, а не чувствительность и специфичность. Положительное процентное согласие (ППС) определяли как долю проб, положительных по методу сравнения, которые также были положительными по исследуемому методу: ППС = a / (a + c). Отрицательное процентное согласие (ОПС) определяли как долю проб, отрицательных по методу сравнения, которые также были отрицательными по исследуемому методу: ОПС = d / (d + b). Общую долю совпадений вычисляли как (a + d) / N, где N есть число обследованных животных.

Степень согласованности оценивали по коэффициенту Каппа-Коэна (κ), учитывающему вероятность случайного совпадения результатов. Значение κ вычисляли по формуле κ = (Po−Pe) / (1−Pe). Здесь Po соответствует фактической доле совпадений результатов, Pe соответствует ожидаемой доле случайных совпадений, рассчитываемой по маргинальным частотам таблицы сопряжённости. Интерпретацию κ проводили по шкале Лэндиса и Коха [15]: значение менее 0,20 соответствует слабому согласию, 0,21—0,40 удовлетворительному, 0,41—0,60 умеренному, 0,61—0,80 хорошему, более 0,80 отличному согласию.

С учётом малого объёма выборки показатели ППС и ОПС дополнительно приводили с 95 % доверительными интервалами, рассчитанными методом Уилсона. Расчёты выполняли в программе AtteStat.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Всего обследованы 14 лошадей. Для каждого животного получены результаты микроскопии тонких мазков периферической крови, локальной скрининг-ПЦР и РВ-ПЦР на наличие *Babesia spp.*, а также учтено наличие клинических признаков, характерных для пироплазмидозов.

Клинические признаки заболевания зарегистрированы у 3 из 14 лошадей. У больных животных отмечали угнетение, снижение работоспособности и изменение цвета видимых слизистых оболочек. У остальных 11 животных выраженных клинических проявлений на момент обследования не выявлено. Микроскопическим исследованием *Babesia spp.* обнаружены у 3 лошадей, которые имели клинические признаки заболевания. У клинически здоровых животных паразитарные формы в эритроцитах не выявлены. Локальная скрининг-ПЦР дала положительный результат у 4 из 14 лошадей: у трёх клинически больных животных, совпавших с положительной микроскопией, и у одной клинически здоровой лошади, отрица-

Таблица 1 — Результаты микроскопии, локальной скрининг-ПЦР, лабораторной ПЦР в реальном времени и клинической оценки у обследованных лошадей
Table 1 — Results of microscopy, local screening PCR, laboratory real-time PCR and clinical assessment in the examined horses

Лошадь, №	Микроскопия	Локальная скрининг-ПЦР	Лабораторная РВ-ПЦР	Клинические признаки
1	–	–	+	не выражены
2	–	–	+	не выражены
3	–	–	+	не выражены
4	–	–	+	не выражены
5	–	–	+	не выражены
6	–	–	–	не выражены
7	–	–	–	не выражены
8	–	–	–	не выражены
9	–	+	–	не выражены
10	–	–	+	не выражены
11	–	–	+	не выражены
12	+	+	+	выражены
13	+	+	+	выражены
14	+	+	+	выражены

Таблица 2 — Сопоставление результатов микроскопии с лабораторной РВ-ПЦР
Table 2 — Comparison of microscopy results with laboratory real-time PCR

Результат микроскопии	**Результат РВ-ПЦР, положительный**	**Результат РВ-ПЦР, отрицательный**
Положительный	3	0
Отрицательный	7	4
Показатель	**Значение**	**95 % доверительный интервал**
Положительное процентное согласие	30,0 %	от 10,8 до 60,3 %
Отрицательное процентное согласие	100,0 %	от 51,0 до 100,0 %
Коэффициент Каппа-Коэна (к)	0,196	

тельной по микроскопии и лабораторной ПЦР. РВ-ПЦР выявила ДНК *Babesia spp*. у 10 из 14 лошадей, включая трёх клинически больных и семь клинически здоровых животных, отрицательных по микроскопии и скрининг-ПЦР (табл. 1).

При сравнении данных микроскопии с РВ-ПЦР положительными по обоим методам оказались 3 животных, отрицательными по обоим методам 4 животных. У 7 лошадей микроскопия была отрицательной при положительном результате метода сравнения, обратных расхождений не зарегистрировано. Положительное процентное согласие микроскопии с методом сравнения составило 30,0 % (95 % доверительный интервал от 10,8 до 60,3 %), отрицательное процентное согласие 100,0 % (95 % доверительный интервал от 51,0 до 100,0 %), общая доля совпадений 50,0 %. Коэффициент Каппа-Коэна составил 0,196, что соответствует слабому согласию (табл. 2).

При сопоставлении локальной скрининг-ПЦР с РВ-ПЦР положительными по обоим методам были 3 животных, отрицательными по обоим методам 3 животных. У 7 лошадей локальная скрининг-ПЦР дала отрицательный результат при положительном результате метода сравнения, а у одной лошади получен положительный результат при отрицательном результате метода сравнения. Положительное процентное согласие составило 30,0 % (95 % доверительный интервал от 10,8 до 60,3 %), отрицательное процентное согласие 75,0 % (95 % доверительный интервал от 30,1 до 95,4 %), общая доля совпадений 42,9 %. Коэффициент Каппа-Коэна составил 0,034, что указывает на крайне низкую согласованность в данной выборке (табл. 3).

Результаты микроскопии и локальной скрининг-ПЦР совпали с результатами лабораторной РВ-ПЦР преимущественно у клинически больных животных. У клинически здоровых лошадей РВ-ПЦР чаще давала положительные результаты, тогда как микроскопия и локальная скрининг-ПЦР в большинстве таких случаев оставались отрицательными.

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION. Наиболее полное совпадение методов получено у животных с клиническими признаками, совместимыми с острым течением пироплазмидоза. У трёх клинически больных лошадей *Babesia spp.* выявлены микроскопией, локальной скрининг-ПЦР и лабораторной РВ-ПЦР. В таких случаях микроскопия и скрининг-ПЦР при выраженной клинической картине и предположительно более высоком уровне паразитемии могут надёжно подтверждать диагноз.

Другая картина наблюдалась у клинически здоровых животных. У семи лошадей без выраженных признаков заболевания РВ-ПЦР дала положительный результат, тогда как микроскопия и локальная скрининг-ПЦР оставались отрицательными. Расхождение может быть связано с низким уровнем паразитемии, характерным для субклинического течения, при котором количество паразитарных форм в периферической крови недостаточно для визуального обнаружения в мазке [3, 7]. Локальная скрининг-ПЦР не выявила возбу-

Таблица 3 — Сопоставление результатов локальной скрининг-ПЦР с лабораторной РВ-ПЦР

Table 3 — Comparison of local screening PCR results with laboratory real-time PCR

Результат локальной скрининг-ПЦР	**Результат РВ-ПЦР, положительный**	**Результат РВ-ПЦР, отрицательный**
Положительный	3	1
Отрицательный	7	3
Показатель	**Значение**	**95 % доверительный интервал**
Положительное процентное согласие	30,0 %	от 10,8 до 60,3 %
Отрицательное процентное согласие	75,0 %	от 30,1 до 95,4 %
Коэффициент Каппа-Коэна (к)	0,034	

дителей в семи пробах, положительных по методу сравнения. Возможными причинами могут быть низкая концентрация ДНК возбудителя в образце, неравномерное распределение паразитарной ДНК между пробами крови, влияние ингибиторов реакции, различия в эффективности выделения нуклеиновых кислот, особенности выбранной генетической мишени, а также несоответствие праймеров и зондов коммерческого набора генетическим вариантам возбудителя, циркулирующим в конкретной популяции лошадей [8, 9, 16]. Поскольку производитель набора не указывает целевой ген, окончательно установить причину низкого совпадения результатов невозможно. Отдельно можно рассмотреть случай положительного результата локальной скрининг-ПЦР при отрицательном результате микроскопии и метода сравнения. Возможными объяснениями данного случая могут быть неспецифическая амплификация, контаминация, пограничный уровень сигнала, особенности пороговой интерпретации или различия мишеней локального и лабораторного тестов. Без секвенирования ампликона и повторного исследования новой пробы крови классифицировать этот результат как истинно- или ложноположительный невозможно.

Лабораторная РВ-ПЦР использовалась как метод сравнения, а не как абсолютный референсный метод, поэтому её собственная диагностическая специфичность остаётся неподтверждённой. Это ограничение действует в обе стороны: часть отрицательных результатов метода сравнения может быть ложноотрицательной, а часть положительных результатов не может быть исключена как ложноположительная. Доля положительных по методу сравнения среди клинически здоровых животных оказалась относительно высокой. С учётом того, что при длительном носительстве чаще персистирует Theileria equi, тогда как *Babesia caballi* у значительной части животных элиминируется, оценку широкого распространения латентного носительства в данной выборке следует трактовать осторожно. Серологические методы, в том числе иммуноферментный анализ, в работе не применялись, хотя они позволяют выявить возможный контакт с возбудителем в прошлом. Сочетание серопозитивности с отрицательным результатом ПЦР, как и обратные ситуации, описано в литературе [17, 18]. Интерпретацию значений коэффициента к ограничивают малое число животных и несбалансированное распределение положительных и отрицательных результатов. При таком распределении возможны низкие значения к при формально высокой доле совпадений, но это является известным свойством коэффициента и не означает полного отсутствия связи между методами.

С учётом всех ограничений результаты следует рассматривать как предварительные данные, описывающие расхождения между методами, а не как оценку микроскопии, коммерческой скрининг-ПЦР или лабораторной РВ-ПЦР. При расхождении результатов может потребоваться повторный отбор крови, исследование в независимой лаборатории, применение альтернативной мишени ПЦР, серологическое тестирование и, при возможности, секвенирование ампликонов [6, 13].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В пилотной выборке из 14 лошадей микроскопия и локальная скрининг-ПЦР совпадали с лабораторной РВ-ПЦР преимущественно у клинически больных животных, тогда как у клинически здоровых чаще давали отрицательный результат при положительном результате метода сравнения. Общая согласованность методов низкая (коэффициент Каппа-Коэна 0,196 и 0,034). Отрицательный результат микроскопии или локальной скрининг-ПЦР не исключает инвазию *Babesia spp*. у клинически здоровых лошадей. Полученные оценки предварительны и требуют проверки на расширенной выборке с применением валидированного референсного метода, серологического тестирования и молекулярной верификации положительных образцов.

A PILOT STUDY TO EVALUATE THE CONSISTENCY OF DIFFERENT LABORATORY DIAGNOSTIC METHODS FOR DETECTING *BABESIA SPP.* IN HORSES

Demkina O. V.[1] — Senior Researcher, Cand. Sci. (Vet.) (ORCID: 0000-0001-9303-4100); **Kotelnikov D. D.**[2] — student, FVMZB (ORCID: 0009-0003-5159-5796).

[1]Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute.

[2]Far Eastern Agrarian University.

*demkina-olsen@mail.ru.

ABSTRACT. *Equine piroplasmosis remains relevant in veterinary practice owing to the possibility of acute disease and latent carrier status, in which laboratory detection of the pathogen is difficult. The aim of the study was a pilot assessment of agreement between blood smear microscopy, local screening PCR and laboratory real-time PCR for the detection of Babesia spp. in horses of different clinical status. Fourteen animals were examined. All underwent clinical examination, microscopy of thin peripheral blood smears, screening PCR using a commercial kit for the detection of Babesia spp. DNA, and testing in an accredited veterinary laboratory, the results of which were used as the comparator method. The full protocol of the laboratory method was not disclosed, therefore it was used as a comparator rather than an absolute reference method. Clinical signs compatible with acute*

infestation were recorded in 3 of 14 animals, in which the pathogen was detected by microscopy and screening PCR. Laboratory PCR was positive in 10 of 14 horses, including clinically healthy animals negative by the routine methods. Positive percent agreement of microscopy and local screening PCR with the comparator was 30,0 % each, negative percent agreement was 100,0 and 75,0 %, respectively. Cohen kappa was 0,196 and 0,034, indicating slight agreement. Values are reported with 95 % confidence intervals calculated by the Wilson method. A negative result of the routine methods does not exclude Babesia spp. infestation in clinically healthy horses. The findings are preliminary and require verification in an expanded sample using a validated reference method.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Марченко, В. А. Иксодовые инвазии лошадей, сезонная динамика и зараженность пастбищных клещей пироплазмидами в Горном Алтае / В. А. Марченко, В. А. Рар, Бирюков И. В. // Российский паразитологический журнал. 2023. Т. 17, № 3. С. 352—364. DOI 10.31016/1998-8435-2023-17-3-352-364.

2. Tirosh-Levy S., Gottlieb Y., Fry L.M., Knowles D.P., Steinman A. Twenty Years of Equine Piroplasmosis Research: Global Distribution, Molecular Diagnosis, and Phylogeny. Pathogens. 2020;9(11):926. DOI: 10.3390/pathogens9110926.

3. Onyiche T. E., Taioe M. O., Molefe N. I., Biu A. A., Luka J., Omeh I. J., Yokoyama N., Thekisoe O. M. M. Equine piroplasmosis: an insight into global exposure of equids from 1990 to 2019 by systematic review and meta—analysis. Parasitology. 2020;147(13):1411—1424. DOI: 10.1017/s0031182020001407

4. Rar V., Marchenko V., Suntsova O., Epikhina T., Tikunov A., Meltsov I., Fedorets V., Igolkina Y., Kozlova I., Tikunova N. The first study of the prevalence and genetic diversity of Theileria equi and Babesia caballi in horses in Russia. Parasitology Research. 2024;123:279. DOI: 10.1007/s00436-024-08300-3.

5. Onyiche T. E., Suganuma K., Igarashi I., Yokoyama N., Xuan X., Thekisoe O. M. M. A Review on Equine Piroplasmosis: Epidemiology, Vector Ecology, Risk Factors, Host Immunity, Diagnosis and Control. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019;16(10):1736. DOI: 10.3390/ijerph16101736.

6. Onyiche T. E., Taioe M. O., Molefe N. I., Biu A. A., Luka J., Omeh I. J., Yokoyama N., Thekisoe O. New insights in the diagnosis and treatment of equine piroplasmosis: pitfalls, idiosyncrasies, and myths. Frontiers in Veterinary Science. 2024;11:1459989. DOI: 10.3389/fvets.2024.1459989.

7. Lv K., Zhang Y., Yang Y., Liu Z., Deng L. Development of Nested PCR and Duplex Real—Time Fluorescence Quantitative PCR Assay for the Simultaneous Detection of Theileria equi and Babesia caballi. Frontiers in Veterinary Science. 2022;9:873190. DOI: 10.3389/fvets.2022.873190.

8. Nardini R., Bartolomé Del Pino L.E., Cersini A., Manna G., Viola M.R., Antognetti V., Autorino G.L., Scicluna M.T. Comparison of PCR—based methods for the detection of Babesia caballi and Theileria equi in field samples collected in Central Italy. Parasitology Research. 2021;120:2157—2164. DOI: 10.1007/s00436-021-07153-4.

9. Venter A., Vorster I., Nkosi N.F., Sibeko—Matjila K.P., Bhoora R. Molecular genotyping of Babesia caballi. Veterinary Parasitology. 2024;329:110214. DOI: 10.1016/j.vetpar.2024.110214.

10. Дёмкина, О. В. Гельминтологический статус спортивных и племенных лошадей, вывозимых за пределы Российской Федерации / О. В. Дёмкина, И. А. Соловьева и др. // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 3. С. 74—78. DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.3.74.

11. Mège M., Bonsergent C., Viry L., Dhune M., Lecollinet

REFERENCES

1. Marchenko, V. A. Ixodid infestations of horses, seasonal dynamics and piroplasmida infection of pasture ticks in the Gorny Altai/ V. A. Marchenko, V. A. Rar, I. V. Biryukov // Russian Journal of Parasitology, Russian Journal of Parasitology. 2023;17(3):352—364. DOI 10.31016/1998-8435-2023-17-3-352-364 (In Russ.).

2. Tirosh-Levy S., Gottlieb Y., Fry L.M., Knowles D.P., Steinman A. Twenty Years of Equine Piroplasmosis Research: Global Distribution, Molecular Diagnosis, and Phylogeny. Pathogens. 2020;9(11):926. DOI: 10.3390/pathogens9110926.

3. Onyiche T. E., Taioe M. O., Molefe N. I., Biu A. A., Luka J., Omeh I. J., Yokoyama N., Thekisoe O. M. M. Equine piroplasmosis: an insight into global exposure of equids from 1990 to 2019 by systematic review and meta—analysis. Parasitology. 2020;147(13):1411—1424. DOI: 10.1017/s0031182020001407.

4. Rar V., Marchenko V., Suntsova O., Epikhina T., Tikunov A., Meltsov I., Fedorets V., Igolkina Y., Kozlova I., Tikunova N. The first study of the prevalence and genetic diversity of Theileria equi and Babesia caballi in horses in Russia. Parasitology Research. 2024;123:279. DOI: 10.1007/s00436-024-08300-3.

5. Onyiche T. E., Suganuma K., Igarashi I., Yokoyama N., Xuan X., Thekisoe O. M. M. A Review on Equine Piroplasmosis: Epidemiology, Vector Ecology, Risk Factors, Host Immunity, Diagnosis and Control. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019;16(10):1736. DOI: 10.3390/ijerph16101736.

6. Onyiche T. E., Taioe M. O., Molefe N. I., Biu A. A., Luka J., Omeh I. J., Yokoyama N., Thekisoe O. New insights in the diagnosis and treatment of equine piroplasmosis: pitfalls, idiosyncrasies, and myths. Frontiers in Veterinary Science. 2024;11:1459989. DOI: 10.3389/fvets.2024.1459989.

7. Lv K., Zhang Y., Yang Y., Liu Z., Deng L. Development of Nested PCR and Duplex Real—Time Fluorescence Quantitative PCR Assay for the Simultaneous Detection of Theileria equi and Babesia caballi. Frontiers in Veterinary Science. 2022;9:873190. DOI: 10.3389/fvets.2022.873190.

8. Nardini R., Bartolomé Del Pino L.E., Cersini A., Manna G., Viola M.R., Antognetti V., Autorino G.L., Scicluna M.T. Comparison of PCR—based methods for the detection of Babesia caballi and Theileria equi in field samples collected in Central Italy. Parasitology Research. 2021;120:2157—2164. DOI: 10.1007/s00436-021-07153-4.

9. Venter A., Vorster I., Nkosi N.F., Sibeko—Matjila K.P., Bhoora R. Molecular genotyping of Babesia caballi. Veterinary Parasitology. 2024;329:110214. DOI: 10.1016/j.vetpar.2024.110214.

10. Demkina O. V., Helminthological status of sport and breeding horses exported from the Russian Federation / I. A. Solovyeva, G. A. Bondarenko, T. I. Trukhina // International Veterinary Bulletin. 2023;(3):74—78. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.74 (In Russ.).

11. Mège M., Bonsergent C., Viry L., Dhune M., Lecollinet

S., Malandrin L. Genetic diversity of equine piroplasmosis agents in Guadeloupe (Caribbeans): first report of Theileria haneyi, evaluation of diagnostic tools and impact of horse movement. Ticks and Tick-borne Diseases. 2025;16(6):102547. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2025.102547.

12. Bishop R.P., Kappmeyer L.S., Onzere C., Odongo D., Githaka N., Sears K.P., Knowles D.P., Fry L.M. Equid infective Theileria cluster in distinct 18S rRNA gene clades comprising multiple taxa with unusually broad mammalian host ranges. Parasites & Vectors. 2020;13:261. DOI: 10.1186/s13071-020-04131-0.

13. Giubega S., Dreghiciu C., Ilie M.S., Dărăbuş G. Diagnostic methods used for the detection of Theileria equi: review of the last decade. Cluj Veterinary Journal. 2022;27(2):16—24. DOI: 10.52331/cvj.v27i2.37.

14. Atabek B., Zhyldyz A., Aitakin K., Rysbek N., Jailobek O., Ahedor B., Mumbi N. N. M., Ma Y., Otgonsuren D., Perera W., Guswanto A., Sivakumar T., Yokoyama N. Molecular prevalence and genotypic diversity of Theileria equi and Babesia caballi infecting horses in Kyrgyzstan. Parasitology International. 2024;102:102915. DOI: 10.1016/j.parint.2024.102915.

15. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159—174. DOI: 10.2307/2529310.

16. Lobanov V. A., Peckle M., Massard C. L., Scandrett W. B., Gajadhar A. A. Development and validation of a duplex real-time PCR assay for the diagnosis of equine piroplasmosis. Parasites & Vectors. 2018;11(1):125. DOI: 10.1186/s13071-018-2751-6.

17. Dorrego A., Camino E., Gago P., Buendia-Andres A., Acurio K., Gonzalez S., de Juan L., Cruz-Lopez F. Haemato-biochemical characterization of equine piroplasmosis asymptomatic carriers and seropositive, real-time PCR negative horses. Veterinary Parasitology. 2023;323:110046. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.110046.

18. Salinas-Estrella E., Ueti M.W., Lobanov V.A., Castillo-Payró E., Lizcano-Mata A., Badilla C., Martínez-Ibáñez F., Mosqueda J. Serological and molecular detection of Babesia caballi and Theileria equi in Mexico: A prospective study. PLOS ONE. 2022;17(3):e0264998. DOI: 10.1371/journal.pone.0264998.

S., Malandrin L. Genetic diversity of equine piroplasmosis agents in Guadeloupe (Caribbeans): first report of Theileria haneyi, evaluation of diagnostic tools and impact of horse movement. Ticks and Tick-borne Diseases. 2025;16(6):102547. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2025.102547.

12. Bishop R.P., Kappmeyer L.S., Onzere C., Odongo D., Githaka N., Sears K.P., Knowles D.P., Fry L.M. Equid infective Theileria cluster in distinct 18S rRNA gene clades comprising multiple taxa with unusually broad mammalian host ranges. Parasites & Vectors. 2020;13:261. DOI: 10.1186/s13071-020-04131-0.

13. Giubega S., Dreghiciu C., Ilie M.S., Dărăbuş G. Diagnostic methods used for the detection of Theileria equi: review of the last decade. Cluj Veterinary Journal. 2022;27(2):16—24. DOI: 10.52331/cvj.v27i2.37.

14. Atabek B., Zhyldyz A., Aitakin K., Rysbek N., Jailobek O., Ahedor B., Mumbi N. N. M., Ma Y., Otgonsuren D., Perera W., Guswanto A., Sivakumar T., Yokoyama N. Molecular prevalence and genotypic diversity of Theileria equi and Babesia caballi infecting horses in Kyrgyzstan. Parasitology International. 2024;102:102915. DOI: 10.1016/j.parint.2024.102915.

15. Landis J.R., Koch G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159—174. DOI: 10.2307/2529310.

16. Lobanov V. A., Peckle M., Massard C. L., Scandrett W. B., Gajadhar A. A. Development and validation of a duplex real-time PCR assay for the diagnosis of equine piroplasmosis. Parasites & Vectors. 2018;11(1):125. DOI: 10.1186/s13071-018-2751-6.

17. Dorrego A., Camino E., Gago P., Buendia-Andres A., Acurio K., Gonzalez S., de Juan L., Cruz-Lopez F. Haemato-biochemical characterization of equine piroplasmosis asymptomatic carriers and seropositive, real-time PCR negative horses. Veterinary Parasitology. 2023;323:110046. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.110046.

18. Salinas-Estrella E., Ueti M.W., Lobanov V.A., Castillo-Payró E., Lizcano-Mata A., Badilla C., Martínez-Ibáñez F., Mosqueda J. Serological and molecular detection of Babesia caballi and Theileria equi in Mexico: A prospective study. PLOS ONE. 2022;17(3):e0264998. DOI: 10.1371/journal.pone.0264998.

УДК: 616.24-002.153:612.017.11:577.21:615.862:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.80

МОДУЛЯЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА, ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ *IFNAR1* И *IKBKB* ПРИ ТЕРАПИИ ТЕЛЯТ С БРОНХОПНЕВМОНИЕЙ

Шутиков В. А. — мл. науч. сотр. (ORCID ID 0009-0004-2018-2662); **Гунькин Д. В.** — мл. науч. сотр. (ORCID ID 0009-0005-3460-8123); **Рудь Д. Е.** — соискатель (ORCID ID 0009-0001-8943-9313); **Михайлов Е. В.*** — канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0001-5457-1325); **Ческидова Л. В.** — д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. (ORCID ID 0000-0003-0196-1754).

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии.

* voronezh81@rambler.ru.

Ключевые слова: *респираторная патология, экспрессия генов, клеточный иммунитет, Проаутовак, телята.*

Key words: *respiratory pathology, gene expression, cellular immunity, «Proautovac», calves.*

Поступила в редакцию / Received: 11.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье дана оценка влияния комплексной терапии респираторной патологии у телят 3-месячного возраста на экспрессию генов IFNAR1, IKBKB и показатели клеточного иммунитета. Для опыта было сформировано три группы телят: здоровые (n=10) — группа I; больные, получавшие Азитронит и Бутофан (n=10) — группа II; больные телята, получавшие Азитронит и Проаутовак (n=10) — группа III. Установлено, что через 5 дней экспрессия IFNAR1 во всех исследуемых группах приблизилась к значениям здоровых животных, а через 7 суток была полностью подавлена. Экспрессия гена IKBKB у телят II группы через 7 дней после начала лечения соответствовала показателям животных I группы, а у телят III группы была ниже в 2 раза. По сравнению со II группой через 5 и 7 дней после начала лечения Проаутоваком у телят регистрировали достоверное повышение ФАЛ на 3,4 % и 4,3 %. ФИ и ФЧ у животных III группы через 60 часов после начала лечения были выше, чем во II группе, на 11,3 % и 10,0 %, через 5 дней — на 21,3 % и 28,2 %, через 7 дней — на 18,1 % и 14,2 %. Через 7 дней после начала лечения у телят III группы уровень B- и T-лимфоцитов в крови бы выше на 21,0 % и 29,2 %, чем при использовании Бутофана. В конце опыта изучаемые показатели клеточного иммунитета при применении Проаутовака статистически значимо не отличались от здоровых животных. Таким образом, использование препарата Проаутовак обеспечило более быструю нормализацию и восстановление сигнальных путей и клеточных механизмов иммунитета, что обосновывает использование препаратов на основе цитокинов (интерфероны I/II типа, ГМ-КСФ и витаминов А, Е и С) в комплексной терапии бронхопневмонии у телят.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Респираторные заболевания молодняка крупного рогатого скота продолжают представлять серьезную проблему для современного животноводства [6, 10]. При бронхопневмонии телят многие исследователи регистрируют наличие вторичного иммунодефицита, что создает предпосылки для развития осложнений и хронизации воспалительного процесса, а также патогенетически обосновывает необходимость применения иммунокорригирующей терапии, направленной на восстановление иммунитета [2, 5, 7].

В последние годы применение интерферонов считается наиболее перспективным направлением фармакокоррекции иммунодефицитных состояний у животных. Первоначально изучаемые преимущественно как противовирусные агенты, они в настоящее время рассматриваются как многофункциональные иммуномодуляторы с широким спектром биологической активности, включая способность регулировать воспалительные процессы, активировать антиген-презентирующие клетки и координировать взаимодействие между различными звеньями иммунной системы [1].

Ген *IFNAR1* обеспечивает синтез альфа-субъединицы рецепторного комплекса для интерферонов первого типа. Передача сигналов через комплекс, включающий *IFNAR1*, запускает масштабную программу транскрипционных изменений, необходимых для подготовки клеток к запуску иммунного ответа и защите от патогенов [2, 8, 11]. При бронхопневмонии у телят активация экспрессии *IFNAR1* способствует восстановлению нарушенных защитных механизмов и повышению устойчивости к инфекционным агентам [2, 8, 12].

Ген *IKBKB* кодирует киназу IκB-β, являющуюся ключевым регулятором NF-κB сигнального пути — центрального механизма контроля воспалительного ответа и иммунной активации. Контролируемая активация *IKBKB* способствует координированной экспрессии цитокинов, хемокинов и молекул адгезии, что обеспечивает эффективную мобилизацию и функционирование клеток иммунной системы [3, 4].

Исследование изменений уровней экспрессии генов *IFNAR1* и *IKBKB*, определяющих функционирование интерферонового каскада и NF-κB

сигнального механизма, а также функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов предоставляет возможность оценки иммунологического статуса животных в процессе терапии больных бронхопневмонией телят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ/ MATERIALS AND METHODS. Исследования были проведены в крупном животноводческом комплексе Воронежской области. Для решения поставленных задач были подобраны 3-месячные здоровые (n=10) и больные бронхопневмонией телята (n=20), которые были разделены на три группы. Группа I (n=10) — здоровые животные, служила контролем. Группа II (n=10) — больные телята, которым применяли внутримышечно препараты Азитронит в дозе 1 мл на 20 кг массы тела 1 раз в день в течение 5 дней и Бутофан в дозе 10 мл на голову однократно. Группа III (n=10) — больные телята, которым применяли внутримышечно Азитронит в дозе 1 мл на 20 кг массы тела 1 раз в день в течение 5 дней и Проаутовак (препарат на основе цитокинов — интерферонов I/II типа, ГМ-КСФ и витаминов А, Е и С), в дозе 10 мл на голову двукратно с интервалом 48 часов.

От животных каждой группы трижды отбирали кровь: 1 взятие — через 60 ч после начала терапии, 2 взятие — по завершении терапии (5-й день), 3 взятие — через 2 суток (7-й день) после окончания терапии. Определение количества Т- и В-лимфоцитов, фагоцитарной активности лейкоцитов (ФАЛ), фагоцитарного числа (ФЧ), фагоцитарного индекса (ФИ) проведено в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке и коррекции иммунного статуса животных» [9]. Полимеразную цепную реакцию осуществляли на приборах Bio-Rad CFX 96 (Bio-rad, США), Rotor-Gene 6000 (Corbett Research, Австралия) и DTLite 4S1 (ДНК-Технология, Россия) с готовой коммерчески доступной смесью для PCR 5X qPCRmix-HS LowROX (Евроген, Россия). Выделение тотальной РНК осуществлено набором «РНК-Экстран» (Синтол, Россия) по утвержденной инструкции. Оценку качества выделенной РНК проводили с помощью электрофореза в 2 % агарозном геле. Исследование проводили посредством ПЦР-анализа с добавлением красителя SYBR Green. Экспрессия генов рассчитывалась по методике 2-ΔΔCt, где сначала рассчитывали разницу между референсным геном (контроля) и исследуемым геном (ΔCt = Ct (β-actin) - Ct (исследуемый ген)). Полученное значение возводилось в степень -2ΔΔCt. Для оценки экспрессии изучаемых генов использовали панели специфичных праймеров (табл. 1).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием Microsoft Excel. Результаты были представлены в виде M±m (среднее значение ± стандартная ошибка среднего). Достоверность различий между группами оценивали с использованием t-критерия Стьюдента (различия считали статистически значимыми при $p<0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION. Результаты исследования относительного уровня экспрессии генов *IFNAR1* у телят представлены на рисунке 1. После первого взятия крови у телят во II группе относительный уровень экспрессии гена *IFNAR1* составил 0,00079, что на 46,3 % ниже значений контрольной группы. Через 5 дней экспрессия *IFNAR1* во всех исследуемых группах приблизилась к значениям здоровых животных, а через 7 суток была полностью подавлена, что может свидетельствовать о завершении острой фазы иммунного ответа. По литературным данным, при бронхопневмонии у телят активация экспрессии *IFNAR1* способствует восстановлению нарушенных защитных механизмов и повышению устойчивости к инфекциям [5, 15, 22].

Наиболее выраженные изменения наблюдали при изучении экспрессии гена *IKBKB* (рис. 2). После первого взятия крови у больных телят II и III групп по сравнению со здоровыми животными отмечали повышение экспрессии в 6,5 и 8,0 раз соответственно. Через 5 дней после начала лечения экспрессия гена *IKBKB* у телят II группы была выше контроля в 2,3 раза, а через 7 дней — соответствовала показателям животных I группы. У телят III группы относительный уровень экспрессии гена *IKBKB* через 5 и 7 дней лечения был ниже в среднем в 1,9 раза.

Регуляция экспрессии *IKBKB* под влиянием терапии, включающей применение Проаутовака, позволяет поддерживать оптимальный уровень провоспалительного ответа, достаточный для элиминации патогенных факторов, но не приводящий к чрезмерному повреждению тканей легких, что обеспечивает эффективную мобилизацию и функционирование клеток иммунной системы в очаге воспаления [6, 8].

Результаты изменения показателей неспецифического иммунитета у здоровых и больных телят в процессе лечения представлены в таблицах 2 и 3.

Установлено, что через 60 часов после начала лечения у больных телят II группы фагоцитарная

Таблица 1 — Праймеры, используемые при постановке ПЦР в реальном времени

Table 1 —Primers used in real-time PCR

№	Название	Последовательность нуклеотидов
1	*β-actinf* *β-actinr*	CTCTTCCAGCCTTCCTTCCT GGGCAGTGATCTCTTTCTGC
2	*IFNAR1f* *IFNAR1r*	GGCCGAAAGATGTGACTGGA AGATTTGCTTCCCCTGAGGC
3	*IKBKBf* *IKBKBr*	TCCATGTACAGGAAGTTTGG TTTTAGGCGGAATTAACCCA

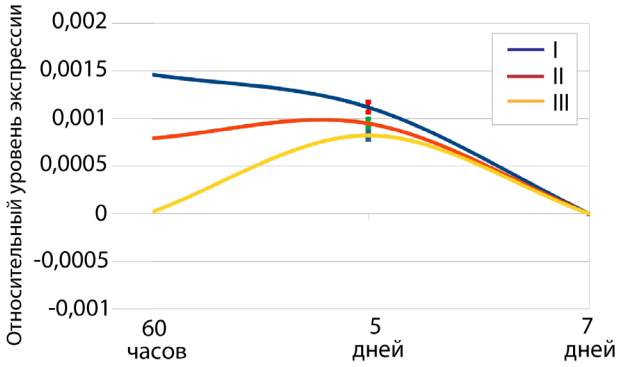


Рисунок 1 *— Относительный уровень экспрессии гена IFNAR1 у телят.*

Figure 1 *— Relative expression level of the IFNAR1 gene in calves.*

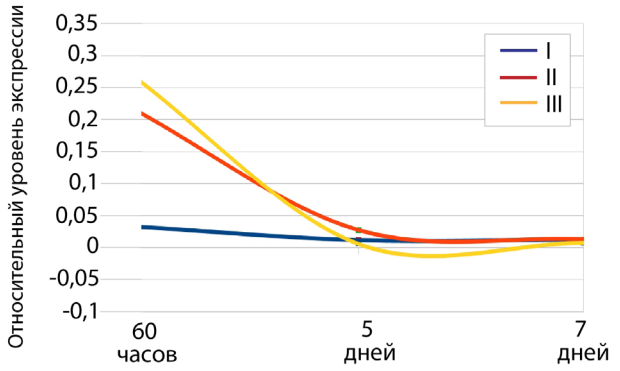


Рисунок 2 *— Относительный уровень экспрессии гена IKBKB у телят.*

Figure 2 *— Relative expression level of the IKBKB gene in calves.*

активность лейкоцитов была ниже значений здоровых животных на 9,4 %, через 5 дней – на 9,6 % и через 7 дней — на 7,3 %, а у телят III группы постепенно возрастала и через 7 дней после начала лечения достигала значений животных I группы. При этом через 5 дней при применении Проаутовака регистрировали достоверное повышение ФАЛ на 3,4 %, а через 7 дней — на 4,3 % по сравнению со схемой, включающей использование Бутофана.

Фагоцитарное число у больных телят II группы через 60 часов после начала лечения было ниже показателя здоровых животных на 14,6 %, через 5 дней — на 20,7 % и через 7 дней — на 19,2 %. В течение опыта не отмечено статистически значимых изменений ФЧ у животных III группы по сравнению с телятами I группы. При этом у животных, которым применяли Проаутовак, фагоцитарное число было выше, чем у телят II группы, на 10,0 %, 28,2 % и 14,2 %, соответственно.

Фагоцитарный индекс у телят II группы через 60 часов после начала лечения был ниже, чем у здоровых телят на 14,5 %, через 5 дней — на 19,2 % и через 7 дней — 15,0 %. При этом ФИ у животных III группы статистически значимо не отличался от показателей I группы, но был выше, чем во II группе на 11,3 %, 21,3 % и 18,1 %, соответственно.

Анализ показателей неспецифического клеточного иммунитета выявил восстановление функциональной активности нейтрофилов и активацию фагоцитов в крови телят в процессе лечения. Однако у животных, которым применяли Проаутовак, изменения носили более выраженный характер.

Через 60 часов после начала лечения в крови больных телят II группы количество Т-лимфоцитов было ниже, чем у здоровых животных на 8,5 %, через 5 дней — на 10,7 % и через 7 дней — на 14,0 %. У телят III группы число Т-лимфоцитов через 60 часов после начала лечения было ниже по сравнению с животными I группы на 10,5 %, однако затем данный показатель возрастал и достигал значений здоровых животных. При этом через 7 дней после начала лечения при применении Проаутовака регистрировали достоверное повышение Т-лимфоцитов на 29,2 % по сравнению со схемой, включающей использование Бутофана.

У телят II группы по сравнению со здоровыми животными отмечали более низкий уровень В-лимфоцитов: через 60 часов после начала лечения — на 17,0 %, через 5 дней — на 9,2 % и через 7 дней — на 19,0 %. В тоже время у телят III группы число В-лимфоцитов в крови через 60 часов и через 5 дней после начала лечения было ниже контроля на 20,4 % и 10,

Таблица 2 — Показатели фагоцитарной активности у здоровых и больных телят

Table 2 — Phagocytic activity indicators in healthy and sick calves

Группа	Время взятия крови	ФАЛ	ФЧ	ФИ
I	60 часов	71,23±0,760	3,76±0,231	4,75±0,123
	5 день	74,13±0,789	4,60±0,126	5,88±0,034
	7 день	72,00±0,882	4,54±0,159	5,47±0,157
II	60 часов	64,69±0,695*	3,21±0,113*	4,06±0,260*
	5 день	66,98±0,723*	3,65±0,293*	4,75±0,304*
	7 день	66,76±0,780*	3,67±0,159*	4,65±0,173*
III	60 часов	64,50±0,615*	3,53±0,124**	4,52±0,134
	5 день	69,28±0,547**	4,68±0,101**	5,76±0,105**
	7 день	69,66±1,124**	4,19±0,288	5,49±0,248**

Примечание: ** — $p<0,05$ относительно группы I; **— $p<0,05$ относительно группы II.*

2%, соответственно, однако к концу опыта регистрировали их увеличение до показателей I группы. При этом к концу опыта количество В-лимфоцитов у телят III группы по сравнению с животными II группы было достоверно выше на 21,0 %. Следовательно, применение Проаутовака в комплексной схеме лечения больных бронхопневмонией телят способствует увеличению в крови количества лимфоцитов, обеспечивающих гуморальный и клеточный иммунитет.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Комплексная терапия бронхопневмонии у телят с помощью Азитронита в сочетании с Проаутоваком обеспечивает более выраженную активацию показателей клеточного звена иммунитета (ФАЛ, ФЧ, ФИ, Т- и В-лимфоциты) и своевременную регуляцию иммунного ответа по сравнению со схемой, включающей Бутофан. Динамика экспрессии гена IFNAR1 отражает переход от активации интерфероновой системы к её угасанию, что согласуется с завершением острой фазы ответа к концу лечения. Проаутовак способствует регуляции экспрессии гена *IKBKB*, что позволяет поддерживать оптимальный уровень провоспалительного ответа. Применение препаратов на основе цитокинов (интерфероны I/II типа и ГМ-КСФ) для коррекции иммунного статуса при респираторной патологии у телят патогенетически обосновано и эффективно в составе комплексной терапии.

Таблица 3 — Относительное количество лимфоцитов у здоровых и больных телят

Table 3 — Relative number of lymphocytes in healthy and sick calves

Группа	Время взятия крови	Т-лимфоциты, %	В-лимфоциты, %
I	60 часов	41,33±1,202	22,60±0,927
	5 день	42,00±2,490	19,60±2,064
	7 день	43,00±2,121	20,00±1,049
II	60 часов	37,80±0,800*	18,75±0,479*
	5 день	37,50±0,645	17,80±1,393
	7 день	37,00±1,643*	16,20±0,583*
III	60 часов	37,00±0,408*	18,00±0,816*
	5 день	41,50±2,327	17,60±1,965
	7 день	47,80±1,772**	19,60±0,748**

Примечание: ** — p<0,05 относительно группы I; ** — p<0,05 относительно группы II.*

MODULATION OF CELLULAR IMMUNITY, IFNAR1 AND IKBKB GENE EXPRESSION IN THE TREATMENT OF CALVES WITH BRONCHOPNEUMONIA

Shutikov V. A. — Junior Scientific Associate (ORCID 0009-0004-2018-2662); **Gunkin D. V.** — Junior Scientific Associate (ORCID 0009-0005-3460-8123); **Rud D. E.** — Applicant for a Degree (ORCID 0009-0001-8943-9313); **Mikhailov E. V.** * — Candidate of Veterinary Sciences, Principal Scientific Associate (ORCID 0000-0001-5457-1325); **Cheskidova L. V.** — Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Associate (ORCID 0000-0003-0196-1754).

All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy.

* voronezh81@rambler.ru.

ABSTRACT. *The article presents an assessment of the effect of complex therapy of respiratory pathology on the expression of IFNAR1, IKBKB genes and indicators of cellular immunity in 3-month-old calves. Three groups were formed for the experiment: healthy animals (n=10) – group I; sick calves treated with «Azitronit» and «Butophan» (n=10) — group II; sick calves treated with «Azitronit» and «Proautovac» (n=10) — group III. It was found that after 5 days, IFNAR1 expression in all the studied groups approached the values of healthy animals, and after 7 days it was completely suppressed. The expression of the IKBKB gene in group II calves 7 days after the start of treatment corresponded to the indicators of group I animals, and in group III calves it was 2 times lower. 5 and 7 days after the start of treatment with «Proautovac», a significant increase in the PhAL was recorded by 3,4 % and 4,3 % in calves compared with group II. The PhI and PhN in group III animals were higher than in group II by 11,3 % and 10,0 % 60 hours after the start of treatment, by 21,3 % and 28,2 % after 5 days, and by 18,1 % and 14,2 % after 7 days. 7 days after the start of treatment, the blood levels of B- and T lymphocytes in group III calves were 21,0 % and 29,2 % higher than when using «Butophan». At the end of the experiment, the indicators of cellular immunity when using «Proautovac» did not differ statistically significantly from healthy animals. Thus, the use of «Proautovac» provided faster normalization and restoration of signaling pathways and cellular mechanisms of immunity, which justifies the use of cytokine-based drugs (type I/II interferons, GM-CSF and vitamins A, E, and C) in the complex treatment of bronchopneumonia in calves.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вавиленкова, Ю. А. Современные представления о системе интерферона / Ю. А. Вавиленкова // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. — 2012. — № 2. — С. 74—82.

2. Васильев, А. Н. Интерфероны первого типа — индукция и механизмы противовирусного действия / А. Н. Васильев, В.В. Малиновская, В.В. Парфенов и др. // Антибиотики и химиотерапия. — 2009. — № 7—8. — С. 50—55.

3. Герштейн, Е. С. Экспрессия и активность ядерного транскрипционного фактора NF-КАРРА В, его ингибитора 1КВα и протеинкиназы АКТ1 в опухолях больных раком молочной железы / Е. С. Герштейн, А. М. Щербаков, А. М. Платова и др. // Альманах клинической медицины. — 2010. — № 22. — С. 55—60.

4. Колпакова, А. Ф. Транскрипционный фактор NF-κB играет ключевую роль в регуляции генов, участвующих в воспалительных и иммунных реакциях / А. Ф. Колпакова, Р. Н. Шарипов, Ф. А. Колпаков // Сибирское медицинское обозрение. — 2009. — № 57 (3). — С. 7—12.

5. Лушова, А. А. Субпопуляции В-лимфоцитов: функции и молекулярные маркеры / А. А. Лушова, Э. А. Жеремян, Е. А. Астахова и др. // Иммунология. — 2019. — Т. 40, № 6. — С. 63—76. DOI: 10.24411/0206-4952-2019-16009.

6. Михайлов, А. А. Сравнительная характеристика стратегий лечения бронхопневмонии у телят мясного направления при интенсивной технологии выращивания / А. А. Михайлов, В. А. Шутиков, Д. В. Гунькин // Актуальные вопросы современной морфологии, физиологии и патологии: сборник национальной (всероссийской) конференции, посвященная 65-летию кафедры анатомии и физиологии, Тюмень, 14—15 ноября 2024 г. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. — С. 83—86.

7. Свиридова, В. С. Т-лимфоциты — ключевые иммунорегуляторные клетки / В. С. Свиридова, Е. Н. Кологривова, Н. А. Пронина и др. // Бюллетень сибирской медицины. — 2007. — Т. 6, № 1. — С. 83—87.

8. Суспицын, Е. Н. Анализ профиля экспрессии интерферон-зависимых генов для дифференциальной диагностики заболеваний иммунной системы (обзор литературы) / Е. Н. Суспицын, Р. К. Раупов, Е. М. Кучинская и др. // Клиническая лабораторная диагностика. — 2021. — № 5. — С. 279—284.

9. Шахов, А. Г. Методические рекомендации по оценке и коррекции иммунного статуса животных / А. Г. Шахов [и др.] // Новые методы исследований по проблемам ветеринарной медицины. Ч. III. «Методы исследований по проблемам незаразной патологии у продуктивных животных». — М. : РАСХН, 2007. — С. 216—292.

10. Шутиков, В. А. Относительный уровень экспрессии генов антиоксидантной защиты организма при респираторной патологии у телят / В. А. Шутиков, Д. Е. Рудь, Н.А. Стрельников, Д.В. Гунькин, Е.В. Михайлов // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — № 2. — С. 297—303. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.2.297.

11. Buttler, C. A. An intronic LINE—1 regulates IFNAR1 expression in human immune cells / C.A. Buttler, D.Ramirez, R.D. Dowell [et al.]. // Mobile DNA. — 2023. — Vol. 14, № 1. — P. 20. — DOI: 10.1186/s13100-023-00308-3.

12. Ji, L. The crucial regulatory role of type I interferon in inflammatory diseases / L. Ji, T. Li, H. Chen [et al.]. // Cell & Bioscience. — 2023. — Vol. 13, № 1. — P. 230. DOI: 10.1186/s13578-023-01188-z.

REFERENCES

1. Vavilenkova, Yu. A. Sovremennye predstavleniya o sisteme interferona / Yu. A. Vavilenkova // Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii. — 2012. — № 2. — P. 74—82.

2. Vasilyev, A. N. Interferony pervogo tipa — induktsiya i mekhanizmy protivovirusnogo deystviya / A. N. Vasilyev, V. V. Malinovskaya, V. V. Parfenov i dr. // Antibiotiki i khimioterapiya. — 2009. — № 7—8. — P. 50—55.

3. Gershteyn, E. S. Ekspressiya i aktivnost yadernogo transkriptsionnogo faktora NF-KARRA B, ego ingibitora 1KVα i proteinkinazy AKT1 v opukholyakh bolnykh rakom molochnoy zhelezy / E. S. Gershteyn, A. M. Shcherbakov, A. M. Platova i dr. // Almanakh klinicheskoy meditsiny. — 2010. — № 22. — P. 55—60.

4. Kolpakova, A.F. Transkriptsionnyy faktor NF-κB igraet klyuchevuyu rol v regulyatsii genov, uchastvuyushchikh v vospalitelnykh i immunnykh reaktsiyakh / A. F. Kolpakova, R. N. Sharipov, F. A. Kolpakov // Sibirskoe meditsinskoe obozrenie. — 2009. — № 57 (3). — P. 7—12.

5. Lushova, A. A. Subpopulyatsii V—limfotsitov: funktsii i molekulyarnye markery / A. A. Lushova, E. A. Zheremyan, E. A. Astakhova i dr. // Immunologiya. — 2019. — Vol. 40, № 6. — P. 63—76. DOI: 10.24411/0206-4952-2019-16009.

6. Mikhaylov, A. A. Sravnitelnaya kharakteristika strategiy lecheniya bronkhopnevmonii u telyat myasnogo napravleniya pri intensivnoy tekhnologii vyrashchivaniya / A. A. Mikhaylov, V. A. Shutikov, D. V. Gunkin // Aktualnye voprosy sovremennoy morfologii, fiziologii i patologii: sbornik natsionalnoy (vserossiyskoy) konferentsii, posvyashchennaya 65-letiyu kafedry anatomii i fiziologii, Tyumen, 14—15 noyabrya 2024 g. — Tyumen: Gosudarstvennyy agrarnyy universitet Severnogo Zauralya, 2024. — P. 83—86.

7. Sviridova, V. S. T-limfotsity — klyuchevye immunoregulyatornye kletki / V. S. Sviridova, E. N. Kologrivova, N. A. Pronina i dr. // Byulleten sibirskoy meditsiny. — 2007. — Vol. 6, № 1. — P. 83—87.

8. Suspitsyn, E. N. Analiz profilya ekspressii interferon—zavisimykh genov dlya differentsialnoy diagnostiki zabolevaniy immunnoy sistemy (obzor literatury) / E. N. Suspitsyn, R. K. Raupov, E. M. Kuchinskaya i dr. // Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. — 2021. — № 5. — P. 279—284.

9. Shakhov, A. G. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke i korrektsii immunnogo statusa zhivotnykh / A. G. Shakhov [i dr.] // Novye metody issledovaniy po problemam veterinarnoy meditsiny. Ch. III. «Metody issledovaniy po problemam nezaraznoy patologii u produktivnykh zhivotnykh». — M. : RASKhN, 2007. — P. 216—292.

10. Shutikov, V.A. Otnositelnyy uroven ekspressii genov antioksidantnoy zashchity organizma pri respiratornoy patologii u telyat / V.A. Shutikov, D.E. Rud, N.A. Strelnikov, D.V. Gunkin, E.V. Mikhaylov // Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. — 2025. — № 2. — P. 297—303. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.2.297.

11. Buttler, C. A. An intronic LINE—1 regulates IFNAR1 expression in human immune cells / C. A. Buttler, D. Ramirez, R. D. Dowell [et al.]. // Mobile DNA. — 2023. — Vol. 14, № 1. — P. 20. DOI: 10.1186/s13100-023-00308-3.

12. Ji, L. The crucial regulatory role of type I interferon in inflammatory diseases / L. Ji, T. Li, H. Chen [et al.]. // Cell & Bioscience. — 2023. — Vol. 13, № 1. — P. 230. DOI: 10.1186/s13578-023-01188-z.

УДК: 619:578.85:639.3.09(470.2)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.85

ВИРУСНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ РЫБ КАК ФАКТОР ЭПИЗООТИЧЕСКОГО РИСКА В ПРЕСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ПАТОГЕНЕЗА И УГРОЗЫ ДЛЯ СИГОВЫХ И ГОЛЬЦОВЫХ ВИДОВ

Крутикова А. А.* — канд. биол. наук, доц. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID 0000-0003-2561-145x); **Племяшов К. В.** — д-р ветеринар. наук, проф., член-корр. РАН, ректор (ORCID 0000-0002-3658-5886); **Костромин Е. А.** — канд. биол. наук, доц. каф. аквакультуры и болезней рыб (ORCID 0000-0002-1242-8392).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*anntim2575@mail.ru.

Ключевые слова: *вирусная геморрагическая септицемия; VHSV; инфекционный некроз гемопоэтической ткани; IHNV; IPNV; SAV; Coregonus; Salvelinus; аквакультура.*

Key words: *viral hemorrhagic septicemia; VHSV; infectious hematopoietic necrosis; IHNV; IPNV; SAV; Coregonus; Salvelinus; aquaculture.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Для северо-западных регионов России, где промышленное рыбоводство сосредоточено на холодноводных лососёвых, сиговых (Coregonus spp.) и гольцовых (Salvelinus spp.) видах, четыре вирусных нозологии формируют устойчивый пул постоянного эпизоотического давления: вирусная геморрагическая септицемия (VHSV генотипа II, доминирующего в Балтийском бассейне), инфекционный некроз гемопоэтической ткани (IHN), инфекционный некроз поджелудочной железы (IPN) и болезнь поджелудочной железы лососёвых, вызванная альфавирусом (SAV). Цель работы — анализ степени вирусологической опасности для рыбоводческих хозяйств конкретного региона и таких ключевых аспектов, как молекулярные механизмы, посредством которых вирусы уклоняются от противовирусного иммунитета рыб, эпидемиологические маршруты заноса возбудителей в хозяйства через международный оборот посадочного материала и икры, данные о восприимчивости к вирусам сиговых и гольцовых видов, которые в ряде случаев превышают восприимчивость основного модельного вида — радужной форели (Oncorhynchus mykiss). Проведён анализ полногеномных последовательностей VHSV (NC_000855.1), IHNV (GQ413939.1), IPNV (AJ622822.1) и SAV (AY604235.1) из баз NCBI GenBank и RefSeq. Сформулированы насущные потребности вирусологического мониторинга рыбоводных хозяйств Северо-Запада, опирающегося на молекулярно-генетические методы детекции. Нами был сделан вывод, что основными практическими мерами, способными существенно снизить вирусологический риск для отрасли, являются: внедрение мультиплексного ОТ-ПЦР-скрининга завозимого материала на VHSV, IHNV, IPNV и SAV; организация регулярного мониторинга рыб в хозяйствах на основе этих методов; создание российской базы данных референсных последовательностей, циркулирующих изолятов; разработка специализированных протоколов для сиговых и гольцовых рыб как отдельных объектов мониторинга.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Каждый сезон весеннего паводка в хозяйствах Республики Карелия, Ленинградской и Вологодской областей нередко сопровождается необъяснимой на первый взгляд гибелью молоди. Потемнение и вялость рыб, отказ от корма, геморрагии вокруг глаз или у основания плавников, внезапный подъём суточной смертности до десятков процентов — процесс, при котором стандартный бактериологический посев оказывается отрицательным, поскольку возбудитель не является бактерией. Неготовность производственных лабораторий к вирусологическому поиску нередко означает, что диагноз устанавливается лишь после того, как вспышка уже нанесла значительный экономический ущерб.

Принципиальное отличие вирусных болезней рыб от бактериальных состоит в том, что вирус к моменту появления первых клинических признаков уже реплицировался в тысячах клеток-хозяев, а его выделение в водную среду — через биологические жидкости и фекалии — началось на несколько суток раньше. Это означает, что к моменту постановки диагноза рыбопосадочный материал, несущий вирус, мог быть реализован другому хозяйству, а нагульные ёмкости оказались контаминированы, поэтому стандартные эпизоотологические исследования неэффективны [1].

Северо-западные регионы России производят большую часть отечественной товарной форели, а также нарастающие объёмы сигов и гольцов. Разведение пеляди (*Coregonus peled*), сига обыкновенного (*C. lavaretus*) и арктического гольца

(*Salvelinus alpinus*) здесь исторически рассматривалось как «менее рискованная» альтернатива разведению лососевых рыб, в том числе из-за предполагаемой меньшей чувствительности этих видов к инфекционным агентам. Данные современных молекулярно-эпидемиологических исследований опровергают эту точку зрения. Ряд вирусов, для которых радужная форель является «классическим» хозяином, оказывается не менее или даже более вирулентным в отношении сиговых и гольцовых рыб [2].

Цель работы — анализ геномных баз данных (NCBI GenBank, RefSeq) для определения механизмов иммуноэвазии приоритетных РНК-вирусов рыб, анализ актуальных международных публикаций по проблемам вирусологической безопасности пресноводной аквакультуры северо-западных регионов России: путям их заноса в хозяйства через торговый оборот посадочного материала, а также уязвимости сиговых (Coregonidae) и гольцовых (Salvelinus spp.) видов, практически не охваченных специализированным вирусологическим мониторингом в России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Проведён анализ полногеномных последовательностей VHSV (NC_000855.1), IHNV (GQ413939.1), IPNV (AJ622822.1) и SAV (AY604235.1) из баз NCBI GenBank и RefSeq.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION.

Молекулярные механизмы иммуноэвазии. Центральной стратегией иммуноэвазии у всех четырёх рассматриваемых патогенов является активное подавление интерферонового ответа. Патоген блокирует синтез интерферонов I типа или их сигнальные каскады (JAK-STAT), лишая клетку противовирусного состояния.

VHSV, IHNV, IPNV и SAV принадлежат к разным семействам и используют принципиально разные стратегии репликации, при этом каждый из них имеет набор генов, кодирующих специфические антагонисты интерферонового ответа хозяина.

Наиболее детально изучен этот механизм у VHSV и IHNV — представителей рода *Novirhabdovirus* (семейство *Rhabdoviridae*). Оба вируса несут дополнительный ген *NV* (Non-Virion protein), расположенный между генами G и L, которого нет ни у одного другого рабдовируса. Геном VHSV включает шесть генов, расположенных в порядке 3′-N-P-M-G-NV-L-5′ (референсная последовательность NC_000855.1); аналогичная организация у IHNV (GQ413939.1) [3]. Белок NV функционирует как активный антагонист RIG-I-зависимого пути распознавания двухцепочечной РНК — сигнального каскада, который в норме запускает синтез интерферонов I типа. Транскриптомный анализ форели, экспрессирующей рекомбинантный белок NV VHSV, показал, что гены факторов транскрипции *STAT1* и *jun/ATF1* — ключевые узлы иммунных каскадов — подавляются, тогда как гены *TNF*, интерлейкинов и макрофагальных хемокинов дерегулируются [4]. В результате вирус получает несколько суток фактически беспрепятственной репликации до того момента, когда интерфероновый ответ хозяина всё же преодолевает блок.

Экспериментальное доказательство значимости NV-белка получено методом реверсивной генетики: аминокислотная замена в положении R116S белка NV VHSV в сочетании с заменами K46G и A241E в нуклеопротеине N практически полностью ослабили вирус, снизив летальность с 97 до менее чем 8 %, но сохранив жизнеспособность и иммуногенность в опытах на форели [5]. Тот же подход показал, что замена T135A в гликопротеине G снижает итоговый титр вируса *in vitro* в 10 раз и резко снижает смертность при купельном заражении [5]. Эти позиции стали мишенями для создания маркерных вакцин и диагностических методов, способных специфически детектировать вирулентные и аттенуированные изоляты.

Геномное разнообразие VHSV и его географическое распределение. Несмотря на единое название, вирусная геморрагическая септицемия представляет собой комплекс генотипически различных вариантов. На основе филогенетического анализа G-гена выделяют пять основных генотипов (I–V, с подразделением IVa/IVb), каждый с характерным географическим распределением [23, 24]. Генотип I циркулирует в Тихоокеанском регионе Северной Америки. Генотип II доминирует в Европе и Балтийском бассейне, где он выделен из форелевых хозяйств Германии, Франции, Швеции и стран Балтии; именно этот генотип представляет наибольший риск для рыбоводческих хозяйств Северо-Запада России в связи с географической близостью и потоками международной торговли икрой из балтийских стран [2, 23]. Генотип III описан в ограниченном количестве публикаций о дикой форели Швеции; его эпидемиологическое значение оценивается как низкое. Генотипы IVa и IVb составляют отдельную филогенетическую ветвь, происхождение которой связывают с североамериканскими популяциями пресноводных рыб. Генотип IVb, неизвестный до 2003 года, получил значительное внимание после вспышки в Великих озёрах Северной Америки, где он поразил более 28 видов пресноводных рыб, включая окуня и судака. Филогенетический анализ 10-летней выборки (2005–2015) изолятов показал, что генотип IVb эволюционирует с высокой скоростью, особенно в области гена NV ($k = 2{,}0\times10^{-3}$ замен/сайт/год), что свидетельствует о его адаптивной пластичности при переходе на новых хозяев [11, 12]. Однако генотип IVb остаётся географически ограниченным Великими озёрами и не был зарегистрирован в Европе.

Для рыбоводческих хозяйств Северо-Западного региона России эпидемиологический риск определяется именно генотипом II, циркулирующим в соседних европейских водах и представляющим основную угрозу при импорте икры из

балтийских стран, что обусловливает акцент на идентификацию VHSV генотипа II при верификации ввозимого посадочного материала.

У вируса IPNV иная стратегия, обусловленная его уникальной двухцепочечной РНК-геномикой (семейство Birnaviridae, референс AJ622822.1). Капсидный белок VP2 не только является основным структурным антигеном и мишенью нейтрализующих антител, но и определяет вирулентность: аминокислотные замены в позициях 217 (Thr→Ala) и 221 (Ala→Thr) сегмента A прямо коррелируют с патогенностью для молоди лососевых [6]. Обнаруженная в норвежской аквакультуре вариантная форма IPNV, способная вызывать гибель в генетически устойчивых линиях атлантического лосося, по всей видимости, содержит мутации именно в этих позициях, что позволяет вирусу частично уклоняться от генетически обусловленной устойчивости некоторых лососевых [7]. При отсутствии мониторинга подобный эволюционно выработанный механизм преодоления QTL-опосредованной устойчивости способен пройти незаметно для производственного процесса вплоть до появления клинических вспышек на резистентных линиях лосося.

Вирус SAV (семейство Togaviridae, референс AY604235.1) проявляет тропизм к поджелудочной железе, кардиомиоцитам и скелетным мышцам, что делает его клиническую картину принципиально отличной от геморрагических синдромов, вызываемых рабдовирусами. Хроническое течение болезни, атрофия ацинарных клеток поджелудочной железы и некроз мышц не приводят к быстрой гибели, однако резко снижают конверсию корма и качество мяса, нанося значительный экономический урон [8].

Икра и посадочный материал как главный вектор заноса. Распространение IHNV в мире — один из самых документально подтверждённых примеров того, как международная торговля лососевой икрой создаёт глобальные эпизоотологические цепочки. Вирус IHN эволюционировал в Северной Америке, где циркулирует в популяциях тихоокеанских лососей и разделяется на пять генетических вариантов: U, M, L, J и вариант, специфичный для Японии [9]. В Европу IHNV занесён предположительно с партией лососевой икры азиатского происхождения в конце 1980-х годов; дальнейшее распространение вируса по хозяйствам Италии, Германии, Франции и других стран прямо отражает карту торговых связей: филогенетический анализ полных последовательностей вирусного G-гена 293 европейских изолятов 1987–2015 гг. (193 из GenBank и 100 из оригинального исследования) выявил, что экспансия единой европейской линии IHNV (E-линия) является результатом нескольких волн торгово-обусловленного распространения, а не локальных мутационных событий [10].

Аналогичный сценарий повторился с VHSV в Великих озёрах Северной Америки, где генотип IVb, неизвестный до 2003 года, за несколько лет поразил дикие популяции около 30 видов пресноводных рыб. Для хозяйств Северо-Запада России приоритетным является VHSV генотипа II, доминирующий в Балтийском бассейне [2, 23].

Распространение SAV2 в норвежской аквакультуре демонстрирует механизм заноса через технологические операции, а не через биологический материал. Полногеномное секвенирование 68 полевых изолятов SAV2, собранных в 10 производственных регионах Норвегии в 2018–2020 годах, позволило с помощью байесовского молекулярно-часового анализа установить, что норвежский тип SAV2 происходит от шотландских штаммов и проник в Норвегию около 2010 года. Поскольку шотландские и норвежские хозяйства не обменивались рыбой и биологическим материалом напрямую, наиболее вероятным вектором признан трафик веллботов, обслуживающих морские садки в обеих странах [13].

Для российских рыбоводческих хозяйств Северо-Запада эти данные имеют вполне конкретный смысл. Большинство хозяйств Карелии и Ленинградской области исторически завозит оплодотворённую икру из Финляндии, Дании, Норвегии и других стран Балтийского и Атлантического бассейнов. Все эти страны либо имеют задокументированные вспышки IHNV (Италия, Германия, Франция), либо являются источниками генотипа II VHSV (Балтийский бассейн, включая Финляндию и Данию) [2, 23].

Дезинфекция икры йодофорами снижает, но не полностью исключает риск вертикальной передачи IHNV: по данным Американской службы охраны здоровья растений и животных, именно поверхностная контаминация икры и спермы является основным механизмом вертикального переноса, и поскольку IHNV может присутствовать внутри яйцеклетки, стандартные протоколы дезинфекции иногда оказываются недостаточными [14].

В этом контексте показателен пример Польши, страны, входящей в зону свободного оборота рыбопосадочного материала с остальными странами ЕС: по данным оценочного исследования, более половины форелевых хозяйств страны испытывают последствия IPNV [15]. Если принять, что эпидемиологическая картина в российских хозяйствах хотя бы отчасти сопоставима с польской — при том что системного мониторинга на IPNV в России не проводится, — масштаб латентного неблагополучия может оказаться значительным.

Недостаток данных по вирусному давлению в популяциях сиговых и гольцовых рыб. Восприимчивость рыб к вирусным патогенам определяется не только генотипом возбудителя, но и биологией хозяина — температурным диапазоном, стрессовой реактивностью, особенностями иммунного ответа. По этой причине данные, полученные на радужной форели, не могут автоматически экстраполироваться на сиговых и гольцовых рыб, хотя именно это нередко делается на практике.

Для VHSV принадлежность сиговых рыб к числу природных хозяев документально подтверждена ещё во второй половине XX века: возбудитель был выделен от сигов (*Coregonus spp.*) в Германии и Швейцарии при естественных условиях заражения, без экспериментального воздействия [16]. Это принципиально важно: WOAH разграничивает «восприимчивых при естественных условиях» и «восприимчивых при экспериментальном заражении», и только первая категория рассматривается как эпидемиологически значимая. Ручьевая форель (*S. fontinalis*) и озёрный голец (*S. namaycush*) включены в список природных хозяев VHSV согласно руководству WOAH [17]. Для арктического гольца (*S. alpinus*) данные менее однозначны, однако его таксономическая и экологическая близость к ручьевой форели предполагает аналогичную восприимчивость.

Наиболее документально обоснована уязвимость гольцовых рыб в отношении IPNV. Ручьевая форель (*S. fontinalis*) известна как наиболее чувствительный вид среди лососевых: первый официально задокументированный случай IPN в мире в 1941 году произошёл именно у молоди S. fontinalis в Канаде. Современные экспериментальные исследования подтверждают, что даже гибриды (*S. fontinalis* × *O. mykiss*) демонстрируют большую раннюю уязвимость к IPNV, нежели чистолинейные форели, что свидетельствует о доминировании аллелей гольца над «защитными» аллелями форели в гибридном геноме. Duk K. с соавторами [15] показали, что *S. fontinalis* и её гибриды с *O. mykiss* имеют более выраженные поведенческие и иммунные нарушения при IPNV-инфекции, чем чистолинейная форель, причём в гибридном геноме аллели гольца по восприимчивости доминируют над «защитными» форелевыми аллелями.

В отношении IHNV исключительный интерес представляет китайский опыт. В 2025 году впервые описан изолят IHNV (штамм H202217), выделенный непосредственно от больного японского гольца (*S. leucomaenis*) с клиническими признаками IHN. Филогенетический анализ по полному G-гену показал принадлежность к японской геногруппе J, причём штамм продемонстрировал более высокую адаптацию к *S. leucomaenis* по сравнению с изолятами от форели: в опытах по заражению вирулентность для японского гольца была выше, чем для радужной форели. Это первое свидетельство формирования «гольцового» адаптированного субтипа IHNV с собственными вирулентными характеристиками [18]. Учитывая, что арктический голец (*S. alpinus*) — вид, сходный по образу жизни и иммунологии — активно разводится на Северо-Западе России, данный факт требует незамедлительного включения *S. alpinus* в программы вирусологического мониторинга.

По вирусу SAV данные о гольцовых рыбах существенно сужаются: подтверждена восприимчивость *S. alpinus* к пресноводному варианту субтипа SAV2, вызывающему патологические изменения в поджелудочной железе, сопоставимые с таковыми у форели [19]. Экспериментальные данные указывают на то, что арктический голец может выступать промежуточным хозяином при совместном содержании с форелью, создавая условия для непрерывной циркуляции вируса в смешанном стаде. В производственных условиях Северо-Запада России, где смешанный нагул форели и гольца практикуется в ряде хозяйств, это создаёт неочевидный источник постоянного вирусного давления.

Для сиговых рыб данные по всем четырём патогенам остаются скудными. Это само по себе является научной проблемой: отсутствие информации не означает отсутствие риска, но означает невозможность его адекватно оценить. Сигам свойственны уникальные особенности биологии — пониженная температура иммунного ответа, специфический состав слизистых барьеров жаберного эпителия, — которые теоретически могут как повышать, так и снижать их чувствительность к конкретным патогенам по сравнению с форелью. Пока эти данные не получены в специально спланированных экспериментах, утверждения о «меньшей рискованности» сигов в отношении вирусных болезней остаются необоснованными предположениями.

Метатранскриптомный анализ как инструмент поиска новых вирусных патогенов. Четыре рассмотренных патогена относятся к «известному неблагополучию»: их диагностика стандартизирована, а основные эпидемиологические маршруты описаны. Расширение молекулярного мониторинга в аквакультуре, однако, регулярно выявляет возбудителей, на детекцию которых не рассчитана ни одна действующая ПЦР-панель.

Так в Канаде применение метатранскриптомного секвенирования на атлантическом лососе и чиноке (*Oncorhynchus tshawytscha*), предварительно отобранных по транскрипционным биомаркерам вирусного иммунного ответа и негативных на все известные РНК-вирусы по стандартному ОТ-ПЦР-скринингу, позволило обнаружить как минимум два ранее неизвестных вируса — атлантический лососёвый калицивирус и новый вариант вируса кутт-форели (CTV-2). Последующий высокопроизводительный ОТ-ПЦР-скрининг более 9 000 особей показал, что эти вирусы присутствуют более чем у половины культивируемого атлантического лосося [20].

Разнообразие вирусов рыб, как показывают метагеномные исследования, оказалось значительно богаче, чем представлялось ещё 10—15 лет назад: открытие нового нидовируса, ассоциированного с гранулематозным гепатитом радужной форели [21], пересмотр классификации реовирусов лососевых и обнаружение нового тотивируса у атлантического лосося [22] стали возможны именно благодаря метагеномным подходам.

Метатранскриптомный сезонный скрининг рыб из хозяйств Северо-Запада России позволит одновременно верифицировать присутствие из-

вестных патогенов у видов, прежде не охваченных мониторингом, и обнаружить вирусные агенты, специфичные для сиговых и гольцовых и пока не вошедшие ни в одну диагностическую панель.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Вирусная геморрагическая септицемия (VHSV генотипа II, циркулирующий в Балтийском бассейне и представляющий основную угрозу для рыбоводческих хозяйств Северо-Запада России), инфекционный некроз гемопоэтической ткани (IHNV), инфекционный некроз поджелудочной железы (IPNV) и болезнь поджелудочной железы лососевых (SAV2) образуют единый комплекс вирусологического риска для пресноводной аквакультуры северо-западных регионов России. Все четыре возбудителя располагают молекулярными механизмами активного подавления интерферонового иммунного ответа рыб, что обеспечивает им критически важное временно́е преимущество перед хозяином.

Международный оборот оплодотворённой икры и живого посадочного материала является документально подтверждённым главным путём заноса IHNV и SAV в ранее свободные регионы. Молекулярно-эпидемиологические данные по Европе и Норвегии наглядно показывают, что каждая крупная торговая операция потенциально является событием заноса, независимо от декларируемого ветеринарного статуса поставщика. Отсутствие в России системного входного ОТ-ПЦР-скрининга посадочного материала на нотифицируемые вирусы создаёт структурную уязвимость отрасли.

Сиговые (*Coregonus spp.*) и гольцовые (*Salvelinus spp.*) рыбы задокументированы как природные хозяева VHSV и IPNV; ручьевая форель (*S. fontinalis*) является наиболее чувствительным к IPNV видом из всех лососевых. Недавно описанный изолят IHNV от *S. leucomaenis* с признаками адаптации к конкретному хозяину указывает на вероятность формирования специализированных «гольцовых» линий вируса. Распространённое в практике отечественного рыбоводства представление о меньшей вирусологической уязвимости сиговых и гольцовых рыб по сравнению с форелью не имеет надлежащего научного обоснования.

Метатранскриптомный подход с предварительным отбором рыб по биомаркерам вирусного иммунного ответа доказал способность выявлять неизвестные вирусы у внешне здоровых рыб с высокой частотой. Его применение к сиговым и гольцовым рыбам хозяйств северо-запада России представляет как научный, так и практический приоритет.

Практическими мерами, способными существенно снизить вирусологический риск для отрасли, являются: внедрение мультиплексного ОТ-ПЦР-скрининга завозимого материала на VHSV, IHNV, IPNV и SAV; организация регулярного мониторинга рыб в хозяйствах на основе этих методов; создание российской базы данных референсных последовательностей циркулирующих изолятов; разработка специализированных протоколов для сиговых и гольцовых рыб как отдельных объектов мониторинга.

VIRAL DISEASES OF FISH AS A FACTOR OF EPIZOOTIC RISK IN FRESHWATER AQUACULTURE OF THE NORTH-WESTERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION: FEATURES OF PATHOGENESIS AND THREATS TO COREGONID AND CHAR SPECIES

Krutikova A. A.* — Ph.D. (Biology), Assoc. Professor, Department of Genetic and Reproductive Biotechnology (ORCID 0000-0003-2561-145x); **Plemyashov K. V.** — D. Sc. (Veterinary Science), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector (ORCID 0000-0002-3658-5886)**; Kostromin E. A. —** PhD. (Biology), Assoc. Professor, Department of Aquaculture and Fish Diseases (0000-0002-1242-8392).

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* anntim2575@mail.ru.

ABSTRACT. *For the northwestern regions of Russia, where industrial fish farming is focused on cold-water salmon, whitefish (Coregonus spp.), and char (Salvelinus spp.) species, four viral nosologies form a stable pool of constant epizootic pressure: viral hemorrhagic septicemia (VHSV genotype II, dominant in the Baltic basin), infectious hematopoietic necrosis (IHN), infectious pancreatic necrosis (IPN), and salmon pancreatic disease caused by alphavirus (SAV). The aim of this study was to analyze the degree of virological threat to fish farms in a specific region and such key aspects as the molecular mechanisms by which viruses evade the antiviral immunity of fish, epidemiological routes of pathogen introduction into farms through the international circulation of seed and caviar, data on the susceptibility of whitefish and char species to viruses, which in some cases exceed the susceptibility of the main model species, rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). An analysis of the whole genome sequences of VHSV (NC_000855.1), IHNV (GQ413939.1), IPNV (AJ622822.1), and SAV (AY604235.1) from the NCBI GenBank and RefSeq databases was conducted. Urgent needs for virological monitoring of fish farms in the Northwest, based on molecular genetic detection methods, were formulated. We concluded that the key practical measures capable of significantly reducing the virological risk to the industry include: the introduction of multiplex RT-PCR screening of imported material for VHSV, IHNV, IPNV, and SAV; the organization of regular monitoring of fish on farms based on these methods; the creation of a Russian database of reference sequences and circulating isolates; and the development of specialized protocols for whitefish and char as separate monitoring targets.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kibenge F.S.B. Emerging viruses in aquaculture // Current Opinion in Virology. — 2019. — Vol. 34. — P. 97–103. DOI: 10.1016/j.coviro.2018.12.008.

2. CABI Compendium. Viral haemorrhagic septicaemia // CABI Digital Library. — 2024. DOI: 10.1079/cabicompendium.66346.

3. Ammayappan A., LaPatra S. E., Vakharia V. N. Molecular characterization of the virulent infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) strain 220-90 // Virology Journal. — 2010. — Vol. 7. — Art. 10. DOI: 10.1186/1743-422X-7-10.

4. Chinchilla B. et al. Transcriptome analysis of rainbow trout in response to non-virion (NV) protein of viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2015. — Vol. 99, No. 4. — P. 1827–1843. DOI: 10.1007/s00253-014-6366-3.

5. Baillon L. et al. The Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV) markers of virulence in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Frontiers in Microbiology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 574231. DOI: 10.3389/fmicb.2020.574231.

6. Mutoloki S. et al. Evolution of an extended pathogenicity motif in VP2 of infectious pancreatic necrosis virus isolates from farmed rainbow trout in Turkey // Viruses. — 2024. — Vol. 16. — Art. 996. DOI: 10.3390/v16060996.

7. Hillestad B. et al. Identification of a new infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) variant in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) that can cause high mortality even in genetically resistant fish // Frontiers in Genetics. — 2021. — Vol. 12. — Art. 635185. DOI: 10.3389/fgene.2021.635185.

8. McLoughlin M.F., Graham D.A. Salmonid alphavirus and pancreas disease // Aquaculture Pathophysiology. — Academic Press, 2022. — P. 1–18. DOI: 10.1016/B978-0-12-812211-2.00017-2.

9. Nishizawa T. et al. Epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV): a review // Veterinary Research. — 2016. — Vol. 47. — Art. 39. DOI: 10.1186/s13567-016-0341-1.

10. Cieslak M. et al. Phylogeny of the infectious hematopoietic necrosis virus in European aquaculture // PLoS ONE. — 2017. — Vol. 12. — Art. e0184490. DOI: 10.1371/journal.pone.0184490.

11. Stepien C.A. et al. Distribution of an invasive aquatic pathogen (viral hemorrhagic septicemia virus) in the Great Lakes and its relationship to shipping // PLoS ONE. — 2010. — Vol. 5. — Art. e10156. DOI: 10.1371/journal.pone.0010156.

12. Stepien C.A. et al. Gene diversification of an emerging pathogen: a decade of mutation in a novel fish viral hemorrhagic septicemia (VHS) substrain since its first appearance in the Laurentian Great Lakes // PLoS ONE. — 2015. — Vol. 10. — Art. e0135146. DOI: 10.1371/journal.pone.0135146.

13. Macqueen D. J. et al. Genomic epidemiology of salmonid alphavirus in Norwegian aquaculture reveals recent subtype-2 transmission dynamics and novel subtype-3 lineages // PLoS Pathogens. — 2021. — Vol. 17. — Art. e1010092. DOI: 10.1371/journal.ppat.1010092.

14. USDA APHIS. Hazard identification: infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV). — USDA, 2022. — URL: https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/hazard-id-ihnv.pdf.

15. Duk K. et al. The Course of Experimental IPNV Infection and its Impact on Alevins Condition in Brook Trout Salvelinus fontinalis (Mitchill, 1815) and

REFERENCES

1. Kibenge F.S.B. Emerging viruses in aquaculture // Current Opinion in Virology. — 2019. — Vol. 34. — P. 97–103. DOI: 10.1016/j.coviro.2018.12.008.

2. CABI Compendium. Viral haemorrhagic septicaemia // CABI Digital Library. — 2024. DOI: 10.1079/cabicompendium.66346.

3. Ammayappan A., LaPatra S. E., Vakharia V. N. Molecular characterization of the virulent infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) strain 220-90 // Virology Journal. — 2010. — Vol. 7. — Art. 10. DOI: 10.1186/1743-422X-7-10.

4. Chinchilla B. et al. Transcriptome analysis of rainbow trout in response to non-virion (NV) protein of viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2015. — Vol. 99, No. 4. — P. 1827–1843. DOI: 10.1007/s00253-014-6366-3

5. Baillon L. et al. The Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV) markers of virulence in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Frontiers in Microbiology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 574231. DOI: 10.3389/fmicb.2020.574231.

6. Mutoloki S. et al. Evolution of an extended pathogenicity motif in VP2 of infectious pancreatic necrosis virus isolates from farmed rainbow trout in Turkey // Viruses. — 2024. — Vol. 16. — Art. 996. DOI: 10.3390/v16060996.

7. Hillestad B. et al. Identification of a new infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) variant in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) that can cause high mortality even in genetically resistant fish // Frontiers in Genetics. — 2021. — Vol. 12. — Art. 635185. DOI: 10.3389/fgene.2021.635185.

8. McLoughlin M.F., Graham D.A. Salmonid alphavirus and pancreas disease // Aquaculture Pathophysiology. — Academic Press, 2022. — P. 1–18. DOI: 10.1016/B978-0-12-812211-2.00017-2.

9. Nishizawa T. et al. Epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV): a review // Veterinary Research. — 2016. — Vol. 47. — Art. 39. DOI: 10.1186/s13567-016-0341-1.

10. Cieslak M. et al. Phylogeny of the infectious hematopoietic necrosis virus in European aquaculture // PLoS ONE. — 2017. — Vol. 12. — Art. e0184490. DOI: 10.1371/journal.pone.0184490.

11. Stepien C.A. et al. Distribution of an invasive aquatic pathogen (viral hemorrhagic septicemia virus) in the Great Lakes and its relationship to shipping // PLoS ONE. — 2010. — Vol. 5. — Art. e10156. DOI: 10.1371/journal.pone.0010156.

12. Stepien C.A. et al. Gene diversification of an emerging pathogen: a decade of mutation in a novel fish viral hemorrhagic septicemia (VHS) substrain since its first appearance in the Laurentian Great Lakes // PLoS ONE. — 2015. — Vol. 10. — Art. e0135146. DOI: 10.1371/journal.pone.0135146.

13. Macqueen D. J. et al. Genomic epidemiology of salmonid alphavirus in Norwegian aquaculture reveals recent subtype-2 transmission dynamics and novel subtype-3 lineages // PLoS Pathogens. — 2021. — Vol. 17. — Art. e1010092. DOI: 10.1371/journal.ppat.1010092.

14. USDA APHIS. Hazard identification: infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV). — USDA, 2022. — URL: https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/hazard-id-ihnv.pdf.

15. Duk K. et al. The Course of Experimental IPNV Infection and its Impact on Alevins Condition in Brook Trout Salvelinus fontinalis (Mitchill, 1815) and

Rainbow Brook Trout Hybrid *Salvelinus fontinalis*♂ × *Oncorhynchus mykiss*♀ // SSRN Preprint. — 2024. DOI: 10.2139/ssrn.4812059.

16. Ahne W., Thomsen I. Occurrence of VHS virus in wild whitefish (*Coregonus sp.*) // Zentralblatt für Veterinärmedizin B. — 1985. — Vol. 32. — P. 73–75.

17. WOAH. Chapter 2.3.9. Viral haemorrhagic septicaemia // Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. — WOAH, 2023. — URL: https://www.woah.org.

18. Guan C. et al. A novel infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) isolated from white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) is moderately virulent to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. — 2025. — Vol. 609. — Art. 742839. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2025.742839.

19. Lewisch E. et al. Arctic charr (Salvelinus alpinus) susceptibility to salmonid alphavirus subtype 2 // Diseases of Aquatic Organisms. — 2018. — Vol. 131. — P. 57–62. DOI: 10.3354/dao03280.

20. Mordecai G.J. et al. Discovery and surveillance of viruses from salmon in British Columbia using viral immune-response biomarkers, metatranscriptomics, and high-throughput RT-PCR // Virus Evolution. — 2021. — Vol. 7. — Art. veaa069. DOI: 10.1093/ve/veaa069.

21. Karniely S. et al. Discovery of an unrecognized nidovirus associated with granulomatous hepatitis in rainbow trout // iScience. — 2023. — Vol. 26. — Art. 106370. DOI: 10.1016/j.isci.2023.106370.

22. Løvoll M. et al. A novel totivirus and piscine reovirus (PRV) in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with cardiomyopathy syndrome (CMS) // Virology Journal. — 2010. — Vol. 7. — Art. 1. DOI: 10.1186/1743-422X-7-1.

23. Skall H.F. et al. Viral haemorrhagic septicaemia virus in marine fish and its implications for fish farming — a review // Journal of Fish Diseases. — 2005. — Vol. 28. — P. 257—274. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2005.00641.x.

24. Borzym E. et al. Population genetic analyses unveiled genetic stratification and differential natural selection signatures across the G-gene of viral hemorrhagic septicemia virus // Frontiers in Microbiology. — 2022. — Vol. 13. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1023994.

Rainbow Brook Trout Hybrid *Salvelinus fontinalis*♂ × *Oncorhynchus mykiss*♀ // SSRN Preprint. — 2024. DOI: 10.2139/ssrn.4812059.

16. Ahne W., Thomsen I. Occurrence of VHS virus in wild whitefish (*Coregonus sp.*) // Zentralblatt für Veterinärmedizin B. — 1985. — Vol. 32. — P. 73–75.

17. WOAH. Chapter 2.3.9. Viral haemorrhagic septicaemia // Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. — WOAH, 2023. — URL: https://www.woah.org.

18. Guan C. et al. A novel infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) isolated from white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) is moderately virulent to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. — 2025. — Vol. 609. — Art. 742839. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2025.742839.

19. Lewisch E. et al. Arctic charr (Salvelinus alpinus) susceptibility to salmonid alphavirus subtype 2 // Diseases of Aquatic Organisms. — 2018. — Vol. 131. — P. 57–62. DOI: 10.3354/dao03280.

20. Mordecai G.J. et al. Discovery and surveillance of viruses from salmon in British Columbia using viral immune-response biomarkers, metatranscriptomics, and high-throughput RT-PCR // Virus Evolution. — 2021. — Vol. 7. — Art. veaa069. DOI: 10.1093/ve/veaa069.

21. Karniely S. et al. Discovery of an unrecognized nidovirus associated with granulomatous hepatitis in rainbow trout // iScience. — 2023. — Vol. 26. — Art. 106370. DOI: 10.1016/j.isci.2023.106370.

22. Løvoll M. et al. A novel totivirus and piscine reovirus (PRV) in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with cardiomyopathy syndrome (CMS) // Virology Journal. — 2010. — Vol. 7. — Art. 1. DOI: 10.1186/1743-422X-7-1.

23. Skall H.F. et al. Viral haemorrhagic septicaemia virus in marine fish and its implications for fish farming — a review // Journal of Fish Diseases. — 2005. — Vol. 28. — P. 257—274. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2005.00641.x.

24. Borzym E. et al. Population genetic analyses unveiled genetic stratification and differential natural selection signatures across the G-gene of viral hemorrhagic septicemia virus // Frontiers in Microbiology. — 2022. — Vol. 13. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1023994.

УДК: 618.15-008.8-022.7:579.887.111
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.92

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К АНТИБИОТИКОТЕРАПИИ КОРОВ С ГЕНИТАЛЬНЫМ МИКОПЛАЗМОЗОМ (ОБЗОР)

Васильев Р. М.* — канд. ветеринар. наук, доцент кафедры клинической диагностики (ORCID 0000-0002-0693-3050).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*rmvpcrvet@yandex.ru.

Ключевые слова: *коровы, генитальный микоплазмоз, лечение, антибиотики, чувствительность, устойчивость.*

Key words: *cows, genital mycoplasmosis, treatment, antibiotics, sensitivity, resistance.*

Поступила в редакцию / Received: 29.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Одним из направлений реализация программы продовольственной безопасности страны является развитие животноводства, как одного из источников обеспечения населения недорогими и качественными продуктами питания. Достижение этой цели тесно связано со снижением заболеваемости животных и издержек на их ветеринарное обслуживание, что обеспечивает уменьшение себестоимости конечной продукции. Существенным препятствием на этом пути является группа заболеваний, характеризующихся неспецифической симптоматикой и длительным латентным течением, к которым относится и генитальный микоплазмоз крупного рогатого скота. В основе терапии животных с микоплазмозом лежит применение антибиотиков. Целью работы являлся ретроспективный анализ изменения чувствительности микоплазм к основным группам антибактериальных препаратов, применяемых для терапии животных, выявление причин устойчивости к ним возбудителя, определение наиболее перспективных на сегодняшний день антибиотиков для лечения животных с микоплазмозом. В ходе изучения зарубежных и отечественных литературных источников было установлено, значительное снижение чувствительности микоплазм к препаратам, демонстрировавшим высокую терапевтическую эффективность 30—40 лет назад, в меньшей степени наблюдалось снижение чувствительности в отношении антибиотиков эффективных 15—20 лет назад. Установлено, что подобная тенденция наблюдается у штаммов микоплазм выделенных в разных странах и на разных континентах. Основной причиной повышения устойчивости микоплазм к антибиотикам являются точечные мутации. На сегодняшний день высокая устойчивость у большинства штаммов микоплазм наблюдается к следующим препаратам — тетрациклин, доксициклин, эритромицин, тилозин, тилмикозин, марбофлоксацин, сохраняется высокая чувствительность к хлортетрациклину, азитромицину, тулатромицину, спирамицину, энрофлоксацину, данофлоксацину.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Одной из основных задач, стоящих перед агропромышленным комплексом нашей страны, является обеспечение продовольственной безопасности, решению которой правительство уделяет особое внимание [1]. В обеспечении населения доступными и качественными продуктами питания значительная роль отводится животноводству, кроме того, эта отрасль является источником сырья для легкой промышленности [2]. Стратегия интенсивного развития животноводства подразумевает увеличение объема продукции на фоне снижения затрат на ее производство. Существенным резервом снижения себестоимости является сокращение затрат на производство кормов и ветеринарное обслуживание животных [2]. Добиться снижения затрат на ветеринарные мероприятия возможно за счет внедрения методов ранней диагностики инфекционных и незаразных заболеваний, и применения высокоэффективных терапевтических схем.

Тем не менее, при реализации этих целей возникают определенные сложности, связанные с диагностикой ряда заболеваний, имеющих длительный латентный период и не специфическую клиническую картину, что ведет к их распространению среди продуктивного поголовья. Оставаясь не диагностированными, они со временем приводят к возникновению морфофункциональных изменений в органах и тканях животных, что в конечном итоге приводит к преждевременному исключению их из хозяйственного использования. Одним из представителей таких заболеваний является генитальный микоплазмоз крупного рогатого скота [3]. Совершенствование методов диагностики в последние два десятилетия обострило внимание ветеринарных специалистов к генитальному микоплазмозу и позволило установить устойчивую корреляцию с патологией репродуктивной

системы. Данные отечественных и зарубежных специалистов демонстрируют значительный уровень инфицирования микоплазмой крупного рогатого скота, как при производстве молока, так и на откорме [4, 5]. Особенно высокие показатели наблюдаются при интенсивной технологии ведения животноводства [6]. Способствует распространению микоплазмоза в стаде и отсутствие специфических клинических проявлений заболевания, что в совокупности с другими особенностями биологии возбудителя наносит ощутимый экономический ущерб животноводческим предприятиям [7].

Терапия животных, больных генитальным микоплазмозом базируется на использовании антибиотиков. Принимая во внимание такую особенность микоплазм, как отсутствие клеточной стенки, автоматически исключаются из применения, препараты, нарушающие ее синтез — бета-лактамные и гликопептидные группы антибиотиков [8]. Другими препаратами, не эффективными в отношении микоплазм являются: полимиксины, сульфаниламиды, налидиксовая кислота, рифампицин [9, 10]. В отношении остальных групп антимикробных препаратов микоплазмы проявляют не одинаковую чувствительность. В ряде работ зарубежных авторов отмечается повышение резистентности возбудителя к ранее успешно применяемым для терапии животных с микоплазмозом антибиотикам, что снижает эффективность лечения и повышает затраты на него [11].

Целью работы являлось проведение ретроспективного анализа изменения чувствительности микоплазм к антибактериальным препаратам разных групп, установление причин изменения чувствительности, выявление антибиотиков, которые на сегодняшний день являются наиболее эффективными в отношении возбудителя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Материалом для исследования служили научные статьи отечественных и зарубежных авторов, размещенные в базах данных ScienceDirect, PubMed и Elibrary, а также государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения. Метод исследования - систематизация и анализ данных за последние 40 лет о чувствительности микоплазм к различным группам антибактериальных препаратов и причинах ее изменения. На основании приведенных в литературных источниках экспериментальных данных, определение наиболее перспективных на сегодняшний день антибиотиков для терапии генитального микоплазмоза у крупного рогатого скота.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Из-за особенностей биологии микоплазм они не чувствительны к ряду антибактериальных препаратов: гликопептидным и бета-лактамным антибиотикам — в виду отсутствия клеточной стенки; полимиксинам — по причине отсутствия синтеза липополисахаридов, сульфаниламидам и триметоприму — из-за отсутствия синтеза фолиевой кислоты; рифампицину — в следствие естественной мутации в гене rpoB субъединицы β РНК-полимеразы, которая препятствует связыванию антибиотика с его мишенью; а так же к налидиксовой кислоте [8—10].

Одними из первых для терапии микоплазмоза начали применять антибиотики тетрациклиновой группы, они демонстрировали высокую эффективность и были препаратами выбора в 70-80-х годах прошлого столетия. С конца 80-х по середину 90-х годов исследователи в разных странах мира стали отмечать снижение чувствительности микоплазм к препаратам данной группы, что дало толчок к детальному изучению этой проблемы. Определение минимальной ингибирующей концентрации [МИК] проведенное *in vitro* французскими учеными для «старых» (до 2000 г.) и «новых» (до 2016 г.) штаммов микоплазм показало, что для тетрациклина она возросла с 0,05—1 до 256 мкг/мл; окситетрациклина — с 0,1—128 до 256 мкг/мл; доксициклина — с 0,023 до 1—8 мкг/мл [12]. Аналогичное снижение чувствительности к препаратам тетрациклиновой группы было отмечено у разных штаммов микоплазм в Канаде [13], Японии [14], Китае [15]. Изучение явления повышения устойчивости микоплазм к данной группе антибиотиков позволило установить, что причиной являются мутации в двух (A965T и A967T/C) или трёх (A965T, A967T/C и G1058A/C) позициях двух генов, кодирующих 16S рРНК, аллели rrs3 и rrs4 [16].

Другой группой антибиотиков достаточно давно и успешно применяемой при микоплазменной инфекции являются макролиды, однако и к препаратам данной группы у возбудителя с течением времени развивалось повышение устойчивости. Одними из первых макролидов широко применявшимися для терапии коров с микоплазмозом были эритромицин и тилозин. Для штаммов микоплазм 70-х—80-х годов прошлого столетия МИК этих препаратов находилась в диапазоне 0,0025—0,03 мкг/мл, тогда как для штаммов 2010—2016 гг. значение МИК повышалось до 5—80 мкг/мл [17]. Позднее из препаратов данной группы для терапии инфицированных животных стали применять тилмикозин, джозамицин и спирамицин, причем для этих антибиотиков МИК были уже несколько выше — от 0,2 до 20 мкг/мл [18]. Помимо перечисленных макролидных препаратов при микоплазмозе применяют также азитромицин, кларитромицин, тулатромицин, однако данных об изменении чувствительности микоплазм к ним в доступной литературе обнаружить не удалось. Как видно из приведенных данных, и к препаратам макролидной группы у микоплазм наблюдается постепенное повышение устойчивости, такая тенденция зафиксирована для штаммов циркулирующих на территории Европы, Японии и Ближнего Востока [12].

Причинами снижения чувствительности микоплазм к антибактериальным препаратам макролидной группы является возникновение точечных мутаций в гене *23S* рРНК, в домене II *G748A*, *C752T* и в домене V, *A2058G* и *A2059G* [19]. В экспериментальных исследованиях было показано, что точечные мутации 748 и 752 в домене II

приводят к увеличению МИК для тилозина более 32 мкг/мл, а тилмикозина более 128 мкг/мл, тогда как при дополнении мутацией в домене II МИК для этих антибиотиков повышается в 3 и более раз [20]. Помимо точечных мутаций повышенная устойчивость микоплазм к макролидам также может быть результатом метилирования ключевых нуклеотидов в доменах II и [или] V, однако метилирование ДНК — это обратимый процесс, по этой причине чувствительность штамма к антибиотику может со временем восстановиться [21].

Третьей популярной для терапии животных с микоплазмозом группой антибиотиков являются фторхинолоны, активное применение которых началось с 90-х годов прошлого века. Наиболее распространенными препаратами этой группы, применяемыми для терапии инфицированных животных, стали энрофлоксацин, данофлоксацин и марбофлоксацин. Сравнительный анализ показал, что для «старых» штаммов микоплазм МИК этих препаратов находилась в диапазоне 0,05—2,5 мкг/мл, тогда как для «новых» — увеличивалась до 0,08—32 мкг/мл [11]. Изменение чувствительности микоплазм к фторхинолоновой группе антибиотиков отмечено исследователями во Франции, Израиле, Канаде, Японии и Китае [12—15].

Проведенные молекулярно-генетические исследования устойчивых к фторхинолонам штаммов микоплазм установили у них наличие изменений в участках генов *gyrA* и *gyrB*, кодирующих ДНК-гиразу, и генов *parC* и *parE*, кодирующих топоизомеразу IV [22]. Изучение клинических изолятов микоплазм устойчивых к фторхинолонам, показало, что наиболее часто встречающимися аминокислотными заменами были Ser83-Phe у gyrA и Asp84-Asn/Tyr у ParC, что приводило к увеличению МИК в 8 - 16 раз. Комбинация мутаций Ser83-Phe в GyrA и Ser80-Ile в ParC наблюдалась реже и была связана с увеличением МИК в 16—128 раз [23]. Мутация Asp362-Asn обнаруженная в GyrB не приводила к существенному увеличению резистентности микоплазм к фторхинолонам.

Несколько реже для патогенетической терапии животных с микоплазмозом используют антибиотики из групп плевромутилинов (тиамулин, валнемулин) и линкозамидов (линкомицин, клиндамицин). Несмотря на то, что эти препараты относительно редко применяются для лечения крупного рогатого скота с микоплазмозом, серия экспериментов показала повышение устойчивости возбудителя и к ним. Наименьшие изменения чувствительности микоплазм отмечено к антибиотикам плевромутилиновой группы, так за 20 лет их МИК увеличилась с 0,05—0,25 мкг/мл до 0,125—0,5 мкг/мл [11]. Минимальная ингибирующая концентрация (МИК) препаратов группы линкозамидов в отношении «старых» штаммов микоплазм была более высокой, чем у плевромутилинов — 0,39—3,12 мкг/мл, у «новых» штаммов она значительно возрастала и достигала 256 мкг/мл и более [12].

Линкозамиды и плевромутилины имеют схожий механизм действия на бактериальную клетку, заключающийся в подавлении синтеза белка рибосомами, что делает похожими и причины устойчивости к ним микоплазм. При изучении генома резистентных к данным группам антибиотиков штаммов микоплазм установлено наличие у них точечных мутаций в гене *23S* рРНК, домен V, позиции 2058, 2059, 2061, 2447 и 2503 [24]. Кроме того, обнаружено, что одиночные мутации в данном гене оказывают незначительное влияние на повышение устойчивости к плевромутилиновым антибиотикам, тогда как комбинации из двух или трёх мутаций значительно повышают резистентность микоплазм к этим препаратам [24].

В доступной отечественной литературе не удалось обнаружить данные о сравнительной устойчивости к антибактериальным препаратам «архивных» и «актуальных» штаммов микоплазм на территории Российской Федерации. Однако, ряд авторов отмечают изменение чувствительности микоплазм к некоторым группам антибиотиков. По литературным данным, известно, что в 70-80 годах прошлого столетия высокую чувствительность микоплазм отмечали в отношении тилозина (МИК 0,004—1 мкг/мл) и хлорамфеникола (МИК 0,1—10 мкг/мл); в 90-е годы с успехом применяли превромутилиновые антибиотики (МИК 0,007—1 мкг/мл), но в начале текущего столетия наблюдалось снижение их эффективности [25]. Исследования, проведенные в ряде хозяйств Омской области в 2006—2007 гг., установили, что у микоплазм выделенных от крупного рогатого скота чувствительны к тилозину только 20—27 % штаммов, к эритромицину и левомицетину — 16—67 %, а наиболее эффективными являются препараты фторхинолоновой группы, к которым чувствительно 83—97 % штаммов возбудителя [25]. Широкие мониторинговые исследования по выявлению инфицированных микоплазмой коров проведенные в 32 регионах страны на протяжении 2020—2022 года [26] показали, что изолированные штаммы были наиболее чувствительны к фторхинолонам (МИК 0,025—32 мкг/мл) и доксициклину (МИК 0,03—1 мкг/мл), менее чувствительны к флорфениколу (МИК 0,06—64 мкг/мл) и хлортетрациклину (МИК 0,25—256 мкг/мл), практически не чувствительны к тилмикозину (МИК 0,5—512 мкг/мл).

Как показывает практическое применение антибактериальной терапии при генитальном микоплазмозе крупного рогатого скота эффективность того или иного препарата в лабораторных и естественных условиях может отличаться, так как в живом организме микоплазмы часто находятся в ассоциации с другими микроорганизмами, что может влиять на их чувствительность к применяемому антибиотику [12].

Классические методы культуральной диагностики, применяемые для идентификации микоплазм и определения их чувствительности, могут

занимать много времени до 3—4 недель, в течение которого животные не получают адекватной терапии и продолжают выделять возбудителя во внешнюю среду. В связи с этой особенностью, внедрение в практику лабораторий молекулярно-биологических методов, таких как полимеразная цепная реакция и полногеномное секвенирование стали активно применять для диагностики микоплазмозов [27], что позволяет сократить срок исследования до 1—2 дней и значительно быстрее разработать эффективную схему лечения.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Данные, полученные различными авторами, убедительно демонстрируют, что за последние три десятилетия существенно снизилась чувствительность микоплазм к ряду антимикробных препаратов; причем эта тенденция отмечается не только в Европейских странах, но и в государствах Северной Америки, Ближнего Востока, а также в Китае и Японии. Основной причиной повышения устойчивости микоплазм к антибиотикам являются точечные мутации. Для препаратов тетрациклиновой группы это мутации в двух генах, кодирующих 16S рРНК; макролидной группы — мутации в гене *23S* рРНК; фторхинолоновой группы — в генах, кодирующих ДНК-гиразу и топоизомеразу IV, а также аминокислотные замены; для плевромутилинов и линкозамидов — мутаций в гене *23S* рРНК, домен V. В настоящее время у большинства штаммов микоплазм, выделенных от крупного рогатого скота, обнаруживают повышенную устойчивость к следующим антибиотикам: тетрациклин, доксициклин, эритромицин, тилозин, тилмикозин, марбофлоксацин. Потенциально эффективными препаратами для терапии генитального микоплазмоза могут рассматриваться: азитромицин, тулатромицин, спирамицин, энрофлоксацин, данофлоксацин, а также хлортетрациклин. Однако, учитывая широкую вариабельность чувствительности (особенно для хлортетрациклина, где МИК может достигать 256 мкг/мл), выбор антибиотика должен основываться на результатах лабораторного определения чувствительности конкретных штаммов, циркулирующих в хозяйстве.

Широкое внедрение в практику молекулярно-биологических методов диагностики (ПЦР) позволило не только быстро и достоверно идентифицировать возбудителя болезни, но и в сочетании с методом полногеномного секвенирования (NGS) обнаруживать точечные мутации в геноме микоплазм, контролируя их устойчивость к антибиотикам. К 2015 году имеются в доступе полные геномные последовательности наиболее актуальных для крупного рогатого скота микоплазм (*M. bovis, M. bovigenitalium, M. californicum, M. canadense, M. bovoculi*) и их список продолжает расширяться. Таким образом применение современных методов диагностики по сравнению с традиционными способами позволяет значительно сократить время затрачиваемое на выявление микоплазм и определение их чувствительности к антибактериальным препаратам, что снижает возможность распространения заболевания в стаде, облегчает разработку эффективной терапевтической схемы и, как следствие снижает экономический ущерб.

A MODERN APPROACH TO ANTIBIOTIC THERAPY IN COWS WITH GENITAL MYCOPLASMOSIS (REVIEW)

Vasiliev R. M.* — Cand. of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Clinical Diagnostics (ORCID 0000-0002-0693-3050).

FSBEI HE “Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine”.

*rmvpcrvet@yandex.ru.

ABSTRACT. *One of the directions of the implementation of the country’s food security program is the development of animal husbandry, as one of the sources of providing the population with high-quality food. Achieving this goal is closely linked to reducing the incidence of animal diseases and the cost of their veterinary care, which ensures a reduction in the cost of final products. A significant obstacle on this path is a group of diseases characterized by nonspecific symptoms and long-term latent course, which include genital mycoplasmosis of cattle. The treatment of animals with mycoplasmosis is based on the use of antibiotics. The aim of the work was a retrospective analysis of changes in the sensitivity of mycoplasmas to the main groups of antibacterial drugs used for the treatment of animals, to identify the causes of the pathogen’s resistance to them, and to identify the most promising antibiotics for the treatment of animals with mycoplasmosis. In the course of studying foreign and russian literature sources, it was found that there was a significant decrease in the sensitivity of mycoplasmas to drugs that demonstrated high therapeutic efficacy 30—40 years ago, to a lesser extent there was a decrease in sensitivity to effective antibiotics 15—20 years ago. It has been established that a similar trend is observed in mycoplasma strains isolated in different countries and on different continents. The main reason for the increased resistance of mycoplasmas to antibiotics are point mutations. To date, the greatest resistance in most mycoplasma strains is observed to the following drugs: tetracycline, doxycycline, erythromycin, tylosin, tilmicosin, marbofloxacin, high sensitivity to chlortetracycline, azithromycin, tulatromycin, spiramycin, enrofloxacin, danofloxacin remains.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Артеменко, Д. Д. Актуальные вызовы и перспективы развития животноводства в России / Д. Д. Артеменко, А. П. Буевич// Продовольственная политика и безопасность. — Т. 12, № 2. — С. 495—510. DOI 10.18334/ppib.12.2.123001. EDN HHJ.

2. Засухин, В. А. Современные приемы повышения продуктивности животных (КРС) / В. А. Засухин, Я. С. Павлова // Вестник науки. — 2024. — № 12 (81). — С. 2140—2145.

3. Васильев, Р. М. Динамика содержания иммуноглобулинов в сыворотке крови и вагинальном секрете больных генитальным микоплазмозом коров на фоне лечения тулатромицином / Р. М. Васильев, С. В. Васильева // Российский иммунологический журнал. — 2023. — Т. 26, № 2. — С. 189—194. DOI 10.46235/1028-7221-12045-DOT. EDN TLVINB.

4. Распространение микоплазмозов крупного рогатого скота на животноводческих фермах в Российской Федерации в период с 2015 по 2018 год / М. А. Алхуссен, А. А. Нестеров, В. В. Кирпиченко [и др.] // Ветеринария сегодня, июнь №2 (33) 2020. С. 102—108.

5. Trichard, C. J. Mycoplasmas recovered from bovine genitalia, aborted foetuses and placentas in the Republic of South Africa. Onderstepoort / C. J. Trichard, E. P. Jacobsz // J Vet Res. — 1985. Vol. 52, №2. P. 105—110.

6. Dos Santos, S. B. Ocorrência de Mollicutes e Ureaplasma spp. em surto de doença reprodutiva em rebanho bovino no Estado da Paraíba. / S. B. Dos Santos, J. W. Pinheiro Júnior, A. A. F. Oliveira [et al.]// Pesq. Vet. Bras. — 2013. Vol.33, №3. P. 315—318.

7. Васильев, Р. М. Биохимический статус организма коров при генитальном микоплазмозе / Р. М. Васильев // Нормативно—правовое регулирование в ветеринарии. — 2025. — № 1. — С. 33—36. DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.1.33.

8. Blanchard, A. Mycoplasmas: Molecular Biology, Pathogenicity and Strategies for Control / A. Blanchard, G. Browning // Horizon Bioscience, Norfolk, UK. — 2005. — 604 p.

9. Schultz, K. K. Optimization of an antibiotic sensitivity assay for Mycoplasma hyosynoviae and susceptibility profiles of field isolates from 1997 to 2011 / K. K. Schultz, E. L. Strait, B. Z. Erickson, N. Levy // Vet. Microbiol. — 2012. — Vol. 158, № 6. — P. 104—108. DOI: 10.1016/j.vetmic.2012.02.002.

10. Hannan, P. C. In vitro evaluation of various quinolone antibacterial agents against veterinary mycoplasmas and porcine respiratory bacterial pathogens / P. C. Hannan, P. J. O'Hanlon, N. H. Rogers// Res Vet Sci. — 1989. — Vol.46, №2. — P. 202—211.

11. Gautier-Bouchardon, A.V. Antimicrobial Resistance in *Mycoplasma spp.* / A.V. Gautier-Bouchardon// Microbiol. Spectr. 2018. — Vol. 6, № 4. DOI: 10.1128/microbiolspec.ARBA-0030-2018.

12. Gautier-Bouchardon, A.V. Overall decrease in the susceptibility of Mycoplasma bovis to antimicrobials over the past 30 years in France / A. V. Gautier-Bouchardon, S. Ferré, D. Le Grand et al. // PLoS One. — 2014.— Vol. 4, № 9: e87672. DOI: 10.1371/journal.pone.0087672.

13. Francoz, D. Determination of Mycoplasma bovis susceptibilities against six antimicrobial agents using the E test method / D. Francoz, M. Fortin, G. Fecteau, S. Messier// Vet Microbiol. — 2005. — Vol.105, №1. — P. 57—64. DOI: 10.1016/j.vetmic.2004.10.006. Epub 2004. Nov 30.

14. Kawai, K. Antimicrobial susceptibilities of Mycoplasma

REFERENCES

1. Artemenko, D. D. Aktualnii vyzovi i perspektyvi razvitia zivotnovodstva v Rossii / D. D. Artemenko, A. P. Buevich// Prodovolstvennay politika i bezopastnost. — Vol. 12, № 2. — P. 495—510. DOI 10.18334/ppib.12.2.123001. EDN HHJ (In Russ.).

2. Zasukhin, V. A. Sovremennie priemy povisheniya produktivnosti zivotnih (KRS) / V. A. Zasukhin, Y. S. Pavlova // Vestnik nauki. — 2024. — № 12 (81). — P. 2140—2145 (In Russ.).

3. Vasiliev, R. M. Dinamika soderzaniya immunoglobulinov v syvorotke krovi i vaginalnom sekrete bolnyh genitalnim mikoplasmosom korov na fone lecheniya tulatromicinom / R. M. Vasiliev, S. V. Vasilieva // Rossiyskiy immunologicheskiy zurnal. — 2023. — Vol. 26, № 2. — P. 189—194. DOI 10.46235/1028-7221-12045-DOT. EDN TLVINB (In Russ.).

4. Rasprostranenie micoplasmosov krupnogo rogatogo skota na zivotnovodcheskih ferma[v Rossiyskoy Federatsii v period s 2015 po 2018 god / M. A. Alhussen, A. A. Nesterov, V. V. Kirpichenko [i dr.] // Veterinariya segodnya, iyun №2 (33) 2020. — P. 102—108. (In Russ.).

5. Trichard, C. J. Mycoplasmas recovered from bovine genitalia, aborted foetuses and placentas in the Republic of South Africa. Onderstepoort / C. J. Trichard, E. P. Jacobsz // J Vet Res. — 1985. Vol. 52, №2. P. 105—110.

6. Dos Santos, S. B. Ocorrência de Mollicutes e Ureaplasma spp. em surto de doença reprodutiva em rebanho bovino no Estado da Paraíba. / S. B. Dos Santos, J. W. Pinheiro Júnior, A. A. F. Oliveira [et al.]// Pesq. Vet. Bras. — 2013. Vol.33, №3. P. 315—318.

7. Vasiliev, R .M. Biochimicheskiy status organisma korov pri genitalnom micoplasmose / R. M. Vasiliev // Normativno—pravovoe regulirovanie v veterinarii. — 2025. — № 1. — P. 33—36. DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.1.33. (In Russ.)

8. Blanchard, A. Mycoplasmas: Molecular Biology, Pathogenicity and Strategies for Control / A. Blanchard, G. Browning // Horizon Bioscience, Norfolk, UK. — 2005. — 604 p.

9. Schultz, K. K. Optimization of an antibiotic sensitivity assay for Mycoplasma hyosynoviae and susceptibility profiles of field isolates from 1997 to 2011 / K. K. Schultz, E. L. Strait, B. Z. Erickson, N. Levy // Vet. Microbiol. — 2012. — Vol. 158, № 6. — P. 104—108. DOI: 10.1016/j.vetmic.2012.02.002.

10. Hannan, P. C. In vitro evaluation of various quinolone antibacterial agents against veterinary mycoplasmas and porcine respiratory bacterial pathogens / P. C. Hannan, P. J. O'Hanlon, N. H. Rogers// Res Vet Sci. — 1989. — Vol.46, №2. — P. 202—211.

11. Gautier-Bouchardon, A.V. Antimicrobial Resistance in *Mycoplasma spp.* / A.V. Gautier-Bouchardon// Microbiol. Spectr. 2018. — Vol. 6, № 4. DOI: 10.1128/microbiolspec.ARBA-0030-2018.

12. Gautier-Bouchardon, A.V. Overall decrease in the susceptibility of Mycoplasma bovis to antimicrobials over the past 30 years in France / A. V. Gautier-Bouchardon, S. Ferré, D. Le Grand et al. // PLoS One. — 2014.— Vol. 4, № 9: e87672. DOI: 10.1371/journal.pone.0087672.

13. Francoz, D. Determination of Mycoplasma bovis susceptibilities against six antimicrobial agents using the E test method / D. Francoz, M. Fortin, G. Fecteau, S. Messier// Vet Microbiol. — 2005. — Vol.105, №1. — P. 57—64. DOI: 10.1016/j.vetmic.2004.10.006. Epub 2004.

14. Kawai, K. Antimicrobial susceptibilities of Mycoplasma

isolated from bovine mastitis in Japan / K. Kawai, H. Higuchi, H. Iwano [et al.] // Anim. Sci. J. — 2014. — Vol. 85, №1,— P. 96—99. DOI: 10.1111/asj.12144. Epub 2013 Nov 21.

15. Kong, L. C. Antimicrobial susceptibility and molecular characterization of macrolide resistance of Mycoplasma bovis isolates from multiple provinces in China / L. C. Kong, D. Gao, B.Y. Jia J. [et al.] // Vet. Med. Sci. — 2016. — Vol.78, №2. — P. 293—296. DOI: 10.1292/jvms.15-0304. Epub 2015 Sep 7.

16. Amram, E. 16S rRNA gene mutations associated with decreased susceptibility to tetracycline in Mycoplasma bovis. /E. Amram, I. Mikula, C. Schnee [et al.]// Antimicrob Agents Chemother. — 2015. — Vol.59, №2. — P. 796—802. DOI: 10.1128/AAC.03876-14. Epub 2014 Nov 17.

17. Changes in antimicrobial susceptibility profiles of *Mycoplasma bovis* over time / H.Y. Cai, R. McDowall, L. Parker [et al.] // Canadian J. Veterinary Research. — 2019. — Vol. 83. — P. 34—41.

18. Gerchman, I. In vitro antimicrobial susceptibility of *Mycoplasma bovis* isolated in Israel from local and imported cattle. /I. Gerchman, S. Levisohn, I. Mikula, I. Lysnyansky // Vet Microbiol. — 2009. — Vol.137, №3—4. — P. 268—275. DOI: 10.1016/j.vetmic.2009.01.028. Epub 2009 Jan 24.

19. Acquired resistance to the 16-membered macrolides tylosin and tilmicosin by *Mycoplasma bovis* / U. Lerner, E. Amram, R. D. Ayling [et al.] // Vet Microbiol. — 2014. — Vol.168, №2—4. — P. 365—371. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.11.033. Epub 2013 Dec 14.

20. Mutations Associated with Decreased Susceptibility to Seven Antimicrobial Families in Field and Laboratory—Derived Mycoplasma bovis Strains / K. M. Sulyok, Z. Kreizinger, E. Wehmann [et al.] // Antimicrob. Agents Chemother. — 2017. — Vol.61, №2: e01983—16. DOI: 10.1128/AAC.01983—16.

21. Razin, A. Methylated bases in mycoplasmal DNA. /A. Razin, S. Razin// Nucleic Acids Res. — 1980. — Vol.25, № 6. — P. 1383—1390. DOI: 10.1093/nar/8.6.1383.

22. Redgrave, L. S. Fluoroquinolone resistance: mechanisms, impact on bacteria, and role in evolutionary success / L. S. Redgrave, S. B. Sutton, M. A. Webber, L. J. Piddock// Trends Microbiol. — 2014. — Vol.22, №8. — P. 438—445. DOI: 10.1016/j.tim.2014.04.007.

23. Khalil, D. Alterations in the Quinolone Resistance—Determining Regions and Fluoroquinolone Resistance in Clinical Isolates and Laboratory-Derived Mutants of *Mycoplasma bovis*: Not All Genotypes May Be Equal. / D. Khalil, C. A. M. Becker, F. Tardy// Appl. Environ. Microbiol. — 2015. — Vol.82, №4. — P. 1060—1068. DOI: 10.1128/AEM.03280-15.

24. Mutations in 23S rRNA gene associated with decreased susceptibility to tiamulin and valnemulin in *Mycoplasma gallisepticum* / B. B. Li, J. Z. Shen, X. Y. Cao [et al.]// FEMS Microbiol Lett. 2010. — Vol.308, №2/ — P. 144—149. DOI: 10.1111/j.1574—6968.2010.02003.x.

25. Красиков, А. П. Микоплазмозы человека и животных их эпидемиологическое и эпизоотологическое значение / А. П. Красиков, Н. В. Рудаков. — Омск: ООО ИЦ «Омский научный вестник», 2015. — 717 с.

26. Алхуссен, М. А. Молекулярно-биологические методы диагностики микоплазмозов крупного рогатого скота: Автореф. дисс. ... канд. вет. наук: 4.2.3 / М. А. Алхуссен; ФГБУ «ВНИИЗЖ». — Владимир, 2023. — 23 с.

27. Edwards, D. J. Beginner's guide to comparative bacterial genome analysis using next-generation sequence data / D. J. Edwards, K. E. Holt // Microbial Informatics and Experimentation. — 2013. — № 1(3). — P. 1—9.

isolated from bovine mastitis in Japan / K. Kawai, H. Higuchi, H. Iwano [et al.] // Anim. Sci. J. — 2014. — Vol. 85, №1,— P. 96—99. DOI: 10.1111/asj.12144. Epub 2013 Nov 21.

15. Kong, L. C. Antimicrobial susceptibility and molecular characterization of macrolide resistance of Mycoplasma bovis isolates from multiple provinces in China / L. C. Kong, D. Gao, B.Y. Jia J. [et al.] // Vet. Med. Sci. — 2016. — Vol.78, №2. — P. 293—296. DOI: 10.1292/jvms.15-0304. Epub 2015 Sep 7.

16. Amram, E. 16S rRNA gene mutations associated with decreased susceptibility to tetracycline in Mycoplasma bovis. /E. Amram, I. Mikula, C. Schnee [et al.]// Antimicrob Agents Chemother. — 2015. — Vol.59, №2. — P. 796—802. DOI: 10.1128/AAC.03876-14. Epub 2014 Nov 17.

17. Changes in antimicrobial susceptibility profiles of *Mycoplasma bovis* over time / H.Y. Cai, R. McDowall, L. Parker [et al.] // Canadian J. Veterinary Research. — 2019. — Vol. 83. — P. 34—41.

18. Gerchman, I. In vitro antimicrobial susceptibility of *Mycoplasma bovis* isolated in Israel from local and imported cattle. /I. Gerchman, S. Levisohn, I. Mikula, I. Lysnyansky // Vet Microbiol. — 2009. — Vol.137, №3—4. — P. 268—275. DOI: 10.1016/j.vetmic.2009.01.028. Epub 2009 Jan 24.

19. Acquired resistance to the 16-membered macrolides tylosin and tilmicosin by *Mycoplasma bovis* / U. Lerner, E. Amram, R. D. Ayling [et al.] // Vet Microbiol. — 2014. — Vol.168, №2—4. — P. 365—371. DOI: 10.1016/j.vetmic.2013.11.033. Epub 2013 Dec 14.

20. Mutations Associated with Decreased Susceptibility to Seven Antimicrobial Families in Field and Laboratory—Derived Mycoplasma bovis Strains / K. M. Sulyok, Z. Kreizinger, E. Wehmann [et al.] // Antimicrob. Agents Chemother. — 2017. — Vol.61, №2: e01983—16. DOI: 10.1128/AAC.01983—16.

21. Razin, A. Methylated bases in mycoplasmal DNA. /A. Razin, S. Razin// Nucleic Acids Res. — 1980. — Vol.25, № 6. — P. 1383—1390. DOI: 10.1093/nar/8.6.1383.

22. Redgrave, L. S. Fluoroquinolone resistance: mechanisms, impact on bacteria, and role in evolutionary success / L. S. Redgrave, S. B. Sutton, M. A. Webber, L. J. Piddock// Trends Microbiol. — 2014. — Vol.22, №8. — P. 438—445. DOI: 10.1016/j.tim.2014.04.007.

23. Khalil, D. Alterations in the Quinolone Resistance—Determining Regions and Fluoroquinolone Resistance in Clinical Isolates and Laboratory-Derived Mutants of Mycoplasma bovis: Not All Genotypes May Be Equal. / D. Khalil, C. A. M. Becker, F. Tardy// Appl. Environ. Microbiol. — 2015. — Vol.82, №4. — P. 1060—1068. DOI: 10.1128/AEM.03280-15.

24. Mutations in 23S rRNA gene associated with decreased susceptibility to tiamulin and valnemulin in *Mycoplasma gallisepticum* / B. B. Li, J. Z. Shen, X. Y. Cao [et al.]// FEMS Microbiol Lett. 2010. — Vol.308, №2/ — P. 144—149. DOI: 10.1111/j.1574—6968.2010.02003.x.

25. Krasikov, A. P. Micoplasmosi cheloveka i zivotnich ih epidemiologicheskoe i epizootologicheskoe znachenie / A. P. Krasikov, N. V. Rudakov. — Omsk: OOO IZ «Omskiy nauchniy vestnik», 2015. — 717 p. (In Russ.).

26. Alhussen, M. A. Molekularno—biologicheskie metody diagnostiki micoplasmosov krupnogo rogatogo skota: Avtoref. diss. ... kand. vet. nauk: 4.2.3 / M. A. Alhussen; FGBU «VNIIZZ». — Vladimir, 2023. — 23 p. (In Russ.).

27. Edwards, D. J. Beginner's guide to comparative bacterial genome analysis using next-generation sequence data / D. J. Edwards, K. E. Holt // Microbial Informatics and Experimentation. — 2013. — № 1(3). — P. 1—9.

УДК: 619:616-036.2:636.2.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.98

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МАСТИТОМ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЯЕМЫХ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ

Симонов Ю. И.[1] — канд. ветеринар. наук, заведующий кафедрой терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1769-1018); **Черненок В. В.**[1] — канд. ветеринар. наук, заведующий кафедрой эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветсанэкспертизы (ORCID 0000-0002-3666-0831); **Симонова Л. Н.**[1] — канд. ветеринар. наук, доцент кафедры терапии, хирургии, ветакушерства и фармакологии (ORCID 0000-0002-1331-5891); **Черненок Ю. Н.**[1], канд. биол. наук, доцент кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных (ORCID 0000-0001-7266-4058); **Семенов Б. С.**[2] — д-р ветеринар. наук, профессор кафедры общей, частной и оперативной хирургии (ORCID 0000-0003-0149-9360).

[1]ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет».

[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*y.i.simon.1965@yandex.ru.

Ключевые слова: *мастит, коровы, распространенность, возрастная динамика, лактация, схемы лечения, эффективность терапии, выбраковка.*

Key words: *mastitis, cows, prevalence, age dynamics, lactation, treatment regimens, therapy effectiveness, culling.*

Поступила в редакцию / Received: 25.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Мастит остается одной из основных причин экономических потерь в молочном скотоводстве из-за снижения продуктивности, ухудшения качества молока и преждевременной выбраковки коров. Был проведен анализ распространенности мастита у коров голштинской породы в условиях высокотехнологичного комплекса и дана оценка эффективности используемой ступенчатой схемы лечения. Исследование проведено в 2025 году на поголовье (n=2743) коров 1—9 лактаций со средней продуктивностью 30—40 л/сут. Данные по заболеваемости и выбраковки получены из программы DairyComp в зависимости от месяца и номера лактации. Общая заболеваемость маститом составила 7,73 %. Пик заболеваемости пришелся на 2–3-й месяцы лактации, достигнув 1,46 % от всего поголовья лактирующих коров. Выявлена прямая корреляция между возрастом, заболеваемостью маститом и долей выздоровевших животных. У первотёлок заболеваемость составила 3,81 %, а выздоровление — 84,21 %. К 6-й лактации показатель заболеваемости вырос до 23,53 %, а доля выздоровевших снизилась до 25,0 %. У коров 7—8 лактации заболеваемость достигла 60 %, при эффективности лечения – до 33 %. Стартовая схема лечения применялась у 100% больных коров, а её эффективность составила 45,75 %. Перевод на последующие схемы сопровождался снижением доли выздоровевших – до 22,2 % и ростом выбраковки — до 74,1 %. Химическая инволюция четверти, как крайняя мера, была эффективна в 100 % случаев, но применена лишь у 1,42 % заболевших животных. Распространенность мастита в стаде носит возрастной характер с критическим повышением риска после 3–4-й лактации, что обусловлено накоплением фиброзных изменений в тканях молочной железы и снижением иммунитета. Существующая ступенчатая система лечения позволяет стратифицировать поголовье по терапевтическому потенциалу, однако эффективность стартовой терапии требует оптимизации для снижения доли вынужденной выбраковки, составившей 32,08 % от числа заболевших коров.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. По данным отечественных и зарубежных ученых, при обследовании молочного стада мастит выявляется у 5—36 % коров, а в течение года может переболеть до 50 % всех коров в стаде, при этом некоторые коровы переболевают два и более раз [1, 2].

Несмотря на значительный прогресс в ветеринарной фармакологии и методах диагностики, мастит продолжает лидировать среди причин преждевременной выбраковки коров и снижения качества молочного сырья [3].

Мастит несёт большой экономический ущерб, складывающийся за счёт снижения удоя у больных и переболевших коров, и за счёт потери качества молока. При клиническом мастите молоко, полученное из поражённых четвертей вымени, подлежит уничтожению после кипячения. А молоко, полученное из непоражённых четвертей вымени у тех же животных, после термической обработки используют для кормления молодняка сельскохозяйственных животных [4, 5].

Чтобы минимизировать потери молока, очень важно своевременно контролировать и принимать меры по лечению мастита у коров, в том числе и его субклинической формы.

Одной из основных причин, вызывающей развитие мастита, являются микроорганизмы. В настоящее время выделено более 135 видов воз-

будителей мастита. Мастит считается наиболее распространенной причиной неизбирательного применения антибиотиков, что приводит к неэффективности лечения, увеличению затрат на лечение и развитие резистентности к противомикробным препаратам [6, 7].

Цель данной работы — провести комплексный анализ распространенности мастита у коров голштинской породы в условиях высокотехнологичного молочного комплекса, выявить зависимость заболеваемости от возраста животных и периода лактации, а также оценить результативность применяемых схем лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование провели в 2025 году на крупном, современном, высокотехнологичном животноводческом предприятии Калужской области. Объектом исследований явились коровы голштинской породы, 1-9 лактации, в количестве 2743 голов. Коровы находились на разных месяцах лактации, с молочной продуктивностью 30—40 литров в сутки. Содержание круглогодично беспривязное боксовое. Полы бетонные с противоскользящими насечками. Зоны отдыха имеют подстилку из карьерного песка, который регулярно пополняется. Кормление осуществляется по рационам в зависимости от продуктивности. Корма смешивают и раздают из мобильных кормосмесителей.

Статистические данные по заболеваемости маститом у коров от возраста и периода лактации получены из электронной программы учета больных животных DairyComp.

Диагноз на клинический мастит устанавливают при обнаружении характерных для воспаления молочной железы признаков: увеличение поражённой четверти вымени, болезненность при пальпации, повышение местной температуры, увеличение надвыменных лимфатических узлов, изменении физических свойств молока из пораженной четверти.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Анализ динамики заболеваемости маститом в обследуемом сельхозпредприятии показывает, что в послеродовый период (до 1 месяца) заболеваемость коров маститом относительно не высока и составляет до 0,55 % от всего поголовья лактирующих коров в стаде. Выбраковка на первом месяце лактации, как правило, связана с сопутствующими заболеваниями глубоко стельных коров (табл. 1).

Пик заболеваемости фиксируется в разгар лактации на 2—3 месяце и составляет соответственно 1,46 и 1,06 %. На 4—6 месяцах лактации отмечается тенденция к снижению заболеваемости, но процент заболевших остается высокий — от 0,66 до 0,84.

Высокий уровень заболеваемости в пик лактации (1,46 %) согласуется с исследованиями Wagner L. A. et al. (2023 г), которые связывают это с метаболическим стрессом и негативным энергетическим балансом у новотельных коров [8].

Конец периода лактации характеризуется стабилизацией заболеваемости на уровне 0,4—0,44 %. В этот период возникновение мастита может быть связано с нарушением технологии запуска.

Наибольший процент выбраковки приходится на 4—5-ый (выбраковано 38,89—39,13 % заболевших коров) и 10-ый (41,67 % заболевших) месяцы лактации. В середине и конце лактации выбраковываются коровы с неудовлетворительным

Таблица 1 — Заболеваемость коров маститом и их выбраковка в зависимости от месяца лактации

Table 1 — Incidence of mastitis in cows and their culling depending on the month of lactation

Месяц лактации	Заболело		Выбыло		
	Всего голов	% от общего поголовья	Всего голов	% от заболевших	% от общего поголовья
1 неделя	6	0,22	2	33,33	0,07
1 месяц	15	0,55	4	26,67	0,15
2 месяца	40	1,46	13	32,50	0,47
3 месяца	29	1,06	10	34,48	0,36
4 месяца	23	0,84	9	39,13	0,33
5 месяцев	18	0,66	7	38,89	0,26
6 месяцев	22	0,80	6	27,27	0,22
7 месяцев	18	0,66	4	22,22	0,15
8 месяцев	12	0,44	4	33,33	0,15
9 месяцев	11	0,40	3	27,27	0,11
10 месяцев	12	0,44	5	41,67	0,18
11 месяцев	5	0,18	1	20,00	0,04
12 месяцев	1	0,04	0	0,00	0,00
Итого	212	7,73	68	32,08	2,48

Таблица 2 — Количество заболевших, выздоровевших и выбракованных коров в зависимости от возраста

Table 2 — Number of sick, recovered and culled cows depending on age

Номер лактации	Поголовье в группе, голов	Заболело маститом		Выздоровело		Выбыло		
		Голов	% от поголовья в группе	Голов	% от числа заболевших	Голов	% от поголовья в группе	% от числа заболевших
1	997	38	3,81	32	84,21	6	0,60	15,79
2	715	57	7,97	43	75,44	14	1,68	21,05
3	552	53	9,60	38	71,70	15	2,72	28,30
4	319	36	11,29	20	55,56	16	4,08	36,11
5	114	14	12,28	8	57,14	6	5,26	42,86
6	34	8	23,53	2	25,00	6	17,65	75,00
7	5	3	60,00	1	33,33	2	40,00	66,67
8	5	3	60,00	0	0,00	3	60,00	100,00
9	2	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
Всего	2743	212	7,73	144	67,92	68	2,48	32,08

результатом лечения. Пик выбраковки на 10-м месяце лактации может быть связан с окончанием периода лактации, уменьшением продуктивности и яловостью коров.

Анализ возрастной динамики заболеваемости маститом на предприятии выявил четкую закономерность, связывающую увеличение возраста с ростом восприимчивости коров к воспалению молочной железы (табл. 2).

Наибольшую по численности группу в стаде составляют коровы первой и второй лактации – 997 и 715 голов соответственно, что в сумме составляет 62,4 % от всего поголовья лактирующих коров. Уровень заболеваемости в этой группе относительно невысок: у первотёлок он составляет 3,81 %, у коров второй лактации возрастает до 7,97 %. Эффективность лечения здесь максимальна — выздоравливают 84,21 % и 75,44 % заболевших животных соответственно, а доля вынужденной выбраковки не превышает 15,79 % от числа заболевших в первой группе и 21,05 % — во второй. Это свидетельствует о высокой резистентности тканей вымени и компенсаторных возможностях иммунной системы у животных первых двух лактаций.

Начиная с третьей лактации, прослеживается устойчивая тенденция к росту заболеваемости маститом. У коров третьей лактации показатель достигает 9,60 %, а эффективность лечения снижается до 71,70 %. К четвертой лактации заболеваемость повышается до 11,29 %, доля выздоровевших падает до 55,56 %, а выбраковка среди заболевших достигает 36,11 %. Пятая лактация для высокопродуктивной коровы является своего рода критическим периодом. С этого возраста, по всей видимости, начинают развиваться фиброзные изменения в паренхиме вымени и мастит часто приобретает хроническое течение, что существенно осложняет терапевтический ответ [9, 10].

На шестой лактации заболеваемость возрастает до 23,53 %, что в 6 раз превышает показатель первотёлок, а доля выздоровевших снижается до 25,0 %. Выбраковка среди заболевших коров шестой лактации составляет уже 75,0 %, что указывает на низкую эффективность лечения в условиях промышленного комплекса.

Коровы на 7—8 лактации присутствуют в стаде минимально (по 5 голов), вместе с тем у этих животных зафиксированы самые высокие показатели заболеваемости маститом — 60 %. Эффективность лечения в группе коров седьмой лактации составляет 33,33 %. Среди животных восьмой лактации не зарегистрировано ни одного случая выздоровления, а выбраковка среди заболевших составила 100 %. У коров девятой лактации мастита зарегистрировано не было, это может быть связано с их малым количеством (2 головы) и, вероятно, высокой индивидуальной устойчивостью [11].

Полученные данные согласуются с исследованиями Khan M. Z. et al. (2023), которые показывают, что у возрастных коров накопление окислительного стресса и снижение иммунного статуса приводят к неспособности организма эффективно элиминировать условно-патогенную микрофлору, что в сочетании с морфологическими изменениями вымени делает терапию хронических маститов малоэффективной [12].

В условиях исследуемого предприятия принята ступенчатая система выбора терапевтической тактики, основанная на клинико-экономическом алгоритме (табл. 3).

Первоначально животным с выявленными признаками мастита назначается схема 1, предполагающая применение наименее затратных препаратов с минимальными сроками ограничения использования молока. При отсутствии клинического улучшения в течение установленного периода корову

Таблица 3 — Схемы лечения мастита в обследуемом сельхозпредприятии

Table 3 — Mastitis treatment regimens in the surveyed agricultural enterprise

№ схемы	Препараты	Доза, способ введения, курс лечения
1.	Мастигард	1 шприц, в/цист, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Пенбекс	30 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Кетопрофен 10%	20 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
2.	Гамарет	1 шприц, в/цист, 1 раз в сутки, курс 3 дня
	Пенбекс	30 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Кетопрофен 10%	20 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
3.	КобактанLC	1 шприц, в/цист, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Кобактан 2,5%	20 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Кетопрофен 10%	20 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
4.	МикацефLC	1 шприц, в/цист, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Квивитан	30 мл, в/м, 1 раз в сутки, курс 3 дня.
	Кетопрофен 10%	20 мл, в/м, 1 раз с сутки, курс 3 дня.
5.	Раствор йода 5%	40-200 мл, в/цист. При необходимости повторить через 48 часов.

последовательно переводят на схему 2, затем, при необходимости, на схемы 3 или 4. Схема 5, предусматривающая блокировку пораженной четверти вымени раствором йода (химическая инволюция), рассматривается как радикальная мера, направленная на сохранение животного в стаде при неэффективности консервативной терапии. Решение о выбраковке коров может быть принято на любом этапе лечения, на основании комплексной оценки тяжести патологического процесса, числа вовлеченных четвертей, продуктивности и возраста животного (табл. 4).

Первая схема является основной при лечении коров с маститом в обследуемом сельхозпредприятии, она применялась для 100 % заболевших животных (табл. 4). При этом эффективность данной схемы составила 45,75 %, что является ниже показателей для стартовой терапии, определённых в современных исследованиях. По данным Ruegg P.L. et al, (2017) эффективность стартовой схемы лечения при клиническом мастите должна составлять не менее 70—80 % [13]. В то же время не высокий уровень выбраковки на первом этапе (6,13 %) свидетельствует о наличии альтернативных терапевтических вариантов при неэффективности стартовой схемы.

Доля животных, переведённых на схему 2, составила 102 головы или 48,11 %, от первоначально заболевших. Эффективность данной схемы составила 31,37 %, что ожидаемо ниже, чем у схемы 1, поскольку на этом этапе концентрируются животные с более низким терапевтическим потенциалом. Значительная доля животных, не ответивших на терапию (50 %), была переведена на следующий этап лечения. Доля вынужденной выбраковки на втором этапе лечения возросла до 18,63 %, что в 3 раза выше, чем на первом этапе. Данная динамика отражает, как прогрессирование патологического процесса, так и накопление животных с хроническими изменениями в тканях вымени.

Терапевтические схемы 3 и 4 применялись в отношении значительно меньшей доли животных (11,32 % и 12,74 % от числа заболевших соответственно). Это были коровы с наиболее тяжёлыми и трудно поддающимися лечению случаями мастита.

Таблица 4 — Эффективность применения схем лечения коров маститом утвержденных в обследуемом сельхозпредприятии

Table 4 — Efficiency of applying treatment regimens for cows with mastitis approved in the surveyed agricultural enterprise

Схема лечения	Подверглось лечению		Выздоровели		Переведено на другую схему		Выбыло	
	Голов	% от заболевших	Голов	%	Голов	%	Голов	%
1	212	100	97	45,75	102	48,11	13	6,13
2	102	48,11	32	31,37	51	50,00	19	18,63
3	24	11,32	6	25,00	2	8,33	16	66,67
4	27	12,74	6	22,22	1	3,70	20	74,07
5	3	1,42	3	100,00	0	0,00	0	0,00

Эффективность схемы 3 составила 25,0 %, схемы 4 — 22,22 %. Несмотря на то, что эти показатели ниже, чем на предыдущих этапах, они свидетельствуют о наличии терапевтического потенциала даже у животных с тяжёлыми формами заболевания. Минимальный процент перевода на следующие этапы (8,33 и 3,70 %, соответственно) указывает на то, что схемы 3 и 4 применяются как финальные варианты консервативной терапии. Доля выбраковки на этих этапах ожидаема высока и составила соответственно 66,67 и 74,07 %. Отсутствие терапевтического ответа на три последовательных курса лечения может свидетельствовать о развитии необратимых фиброзных изменений в паренхиме вымени, делающие дальнейшее продуктивное использование коров нецелесообразным. Коровы удовлетворяющие продуктивностью и глубокостельные, переводятся на пятую схему лечения.

Схема 5 (блокировка четверти) была применена лишь в 1,42 % случаев (3 головы), что подтверждает её статус крайней меры, используемой при неэффективности всех предшествующих схем. Необходимо отметить, что такая процедура должна быть экономически оправдана и продуктивность сохраненных четвертей вымени должна покрывать расходы на содержание коровы. 100%-ная эффективность данного метода демонстрирует, что в отдельных случаях химическая инволюция поражённой четверти может служить эффективной альтернативой выбраковке, позволяя сохранить животное в стаде.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Распространённость мастита в обследованном предприятии за 2025 год составила 7,73 % от общего поголовья лактирующих коров. Максимальная заболеваемость приходится на 2—3-й месяцы лактации (1,46 % и 1,06 %, соответственно), что связано с пиком продуктивности и метаболическим стрессом. Рост заболеваемости коров маститом коррелирует с возрастом животных. Заболеваемость коров первой лактации составляет 3,81 %, с эффективностью лечения 84,21 %. На шестой лактации заболеваемость возрастает до 23,53 %, что в 6 раз превышает показатель первотёлок, а доля выздоровевших снижается до 25,0 %. Такая тенденция обусловлена накоплением фиброзных изменений в паренхиме вымени и снижением иммунного статуса организма. Животные старше 6-й лактации являются группой риска с минимальной перспективой выздоровления и высокой долей выбраковки.

Стартовая схема лечения показала эффективность 45,75 %. Учитывая низкий процент выбраковки (6,13 %), можно предположить, что первая схема позволяет стратифицировать поголовье больных коров в зависимости от их терапевтического потенциала и прогноза выздоровления. Применение финальных схем консервативной терапии (схемы 3 и 4), несмотря на высокий уровень выбраковки (70,6 %), обеспечило выздоровление 23,5 % животных с тяжелым течением мастита. Совокупная доля вынужденной выбраковки от числа заболевших коров в стаде составила 32,08 %.

Полученные данные демонстрируют классическую закономерность ступенчатой терапии — с каждым последующим этапом лечения эффективность имеет тенденцию к снижению, а доля вынужденной выбраковки возрастает.

ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF HOLSTEIN COW MASTITIS AND THE EFFECTIVENESS OF THE TREATMENT REGIMENS USED

Simonov Yu. I.[1]* — Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Therapy, Surgery, Veterinary Obstetrics and Pharmacology (ORCID 0000-0002-1769-1018); **Chernenok V. V.**[1] — Candidate of Veterinary Sciences, head of the department of epizootology, microbiology, parasitology and veterinary sanitary inspection (ORCID 0000-0002-3666-0831); **Simonova L. N.**[1] — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Therapy, Surgery, Veterinary Obstetrics and Pharmacology (ORCID 0000-0002-1331-5891); **Chernenok Yu. N.**[1] — Candidate of biological Sciences, associate professor of the department of normal and pathological morphology and physiology of animals (ORCID 0000-0001-7266-4058); **Semenov B. S.**[2] — doctor veterinary sciences, professor of the department of general, special and operative surgery (ORCID 0000-0003-0149-9360).

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bryansk State Agrarian University.

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*y.i.simon.1965@yandex.ru.

ABSTRACT. *Mastitis remains one of the main causes of economic losses in dairy farming due to reduced productivity, deterioration of milk quality and premature culling of cows. The analysis of the prevalence of mastitis in Holstein cows in a high-tech complex was carried out and the effectiveness of the stepwise treatment regimen used was assessed. The study was conducted in 2025 on a population (n=2743) of cows of 1—9 lactation with an average productivity of 30—40 liters/day. Data on morbidity and culling are obtained from the DairyComp program, depending on the month and number of lactation. The overall incidence of mastitis was 7,73 %. The peak incidence occurred in the 2—3 months of lactation, reaching 1,46 % of the total number*

of lactating cows. A direct correlation was found between age, the incidence of mastitis and the proportion of recovered animals. In the first heifers, the incidence was 3,81 %, and recovery was 84,21 %. By the 6th lactation, the incidence rate increased to 23,53 %, and the proportion of those who recovered decreased to 25.0 %. In cows of 7-8 lactation, the incidence reached 60 %, with the effectiveness of treatment – up to 33%. The initial treatment regimen was used in 100v% of sick cows, and its effectiveness was 45,75 %. The transfer to subsequent schemes was accompanied by a decrease in the proportion of those who recovered to 22,2 % and an increase in culling to 74,1 %. Chemical involution of a quarter, as a last resort, was effective in 100% of cases, but was applied only in 1,42 % of diseased animals. The prevalence of mastitis in the herd is age-related, with a critical increase in risk after 3—4 lactation, due to the accumulation of fibrous changes in breast tissue and decreased immunity. The existing step-by-step treatment system allows the livestock to be stratified by therapeutic potential, however, the effectiveness of initial therapy requires optimization to reduce the proportion of forced culling, which amounted to 32,08 % of the number of sick cows.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Этиология и эпизоотология мастита коров (аналитический обзор) / А. А. Андреева, В. А. Евграфова, М. С. Воронина, О. В. Прунтова, Н. Б. Шадрова // Ветеринария сегодня. 2024. Т. 13. № 1. С. 27—35. DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35.

2. Bar D., Tauer L. W., Bennett G., González R. N., Hertl J. A., Schukken Y. H., et al. The cost of generic clinical mastitis in dairy cows as estimated by using dynamic programming. Journal of Dairy Science. 2008; 91 (6): 2205—2214. DOI:10.3168/jds.2007-0573.

3. Шендаков А. И. Основные причины выбраковки коров в племенных стадах черно—пестрого скота Орловской области // Вестник аграрной науки. 2022. № 1 (94). С. 65—70. DOI: 10.17238/ISSN2587-666X.2022.1.65

4. Совершенствование ветеринарно-санитарного контроля молока на крупных перерабатывающих предприятиях / И. Г. Серегин, Д. В. Никитченко и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 1. С. 86—92. DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-86-92.

5. Комаров В. Ю. Экономическая эффективность применения новых препаратов для лечения больных маститом коров // АПК: экономика, управление. 2017. № 1. С. 90—93. EDN: XGSDIB

6. Индикация кокковой микрофлоры в секрете вымени больных маститом коров / Л. К. Семина, Н. Н. Авдуевская, З. А. Скулябина, Т. Г. Ворошилова, Г. А. Балдичева // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2018. № 3 (27). С. 56—60. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201803010.

7. Балбуцкая А. А., Скворцов В. Н. Возбудители мастита у коров и их чувствительность к антимикробным средствам // Международный вестник ветеринарии. 2022. № 2. С. 162—169. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.162

8. Wagner L. A., Fritsche D., Gross J. J., Bruckmaier R. M., Wellnitz O. Effects of different nutrient supply on metabolism and mammary immune response to an LPS challenge in early lactation of dairy cows. // Journal of Dairy Science. 2023. Vol. 106(4). P. 2948—2962. DOI: 10.3168/jds.2022-22641.

9. Скрининг стада молочных коров на наличие в молоке гемолитических микроорганизмов во взаимосвязи с содержанием соматических клеток / О. А. Артемьева, Д. А. Переселкова, И. В. Виноградова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. №6. С. 810—816. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.6.810rus.

10. Wild J., Kramer V., Kirke by C., Gussmann M. (). Lactational treatment of bovine mastitis — Development

REFERENCES

1. Etiologiya i epizootologiya mastita korov (analiticheskij obzor) / A. A. Andreeva, V. A. Evgrafova, M. S. Voronina, O. V. Pruntova, N.B. Shadrova // Veterinary Science Today. 2024. T. 13. № 1. S. 27-35. DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35.

2. Bar D., Tauer L. W., Bennett G., González R. N., Hertl J. A., Schukken Y. H., et al. The cost of generic clinical mastitis in dairy cows as estimated by using dynamic programming. Journal of Dairy Science. 2008; 91 (6): 2205—2214. DOI:10.3168/jds.2007-0573.

3. Shendakov A.I. Osnovnye prichiny vybrakovki korov v plemennyh stadah cherno-pestrogo skota Orlovskoj oblasti // Bulletin of agrarian science. 2022. № 1 (94). P. 65—70. DOI: 10.17238/ISSN2587-666X.2022.1.65.

4. Sovershenstvovanie veterinarno-sanitarnogo kontrolya moloka na krupnyh pererabatyvayushchih predpriyatiyah / I. G. Seregin, D. V. Nikitchenko, L. G. Koroleva, G. V. Snoz // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2017. Vol. 12. № 1. P. 86—92. DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-86-92.

5. Komarov V. Yu. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya novyh preparatov dlya lecheniya bol'nyh mastitom korov // AIC: economics, management. 2017. №1. P. 90—93. EDN: XGSDIB

6. Indikaciya kokkovoj mikroflory v sekrete vymeni bol'nyh mastitom korov / L. K. Semina, N. N. Avduevskaya, Z. A. Skulyabina, T. G. Voroshilova, G.A. Baldicheva // The Russian journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2018. № 3 (27). P. 56—60. DOI: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201803010.

7. Balbuckaya A. A., Skvorcov V. N. Vozbuditeli mastita u korov i ih chuvstvitel'nost' k antimikrobnym sredstvam // International bulletin of Veterinary Medicine. 2022. № 2. P. 162—169. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.162.

8. Wagner L. A., Fritsche D., Gross J. J., Bruckmaier R. M., Wellnitz O. Effects of different nutrient supply on metabolism and mammary immune response to an LPS challenge in early lactation of dairy cows. // Journal of Dairy Science. 2023. Vol. 106(4). P. 2948—2962. DOI: 10.3168/jds.2022-22641.

9. Skrining stada molochnyh korov na nalichie v moloke gemoliticheskih mikroorganizmov vo vzaimosvyazi s soderzhaniem somaticheskih kletok / O. A. Artem'eva, D. A. Pereselkova, I. V. Vinogradova, E. N. Kotkovskaya et al. // Agricultural Biology. 2015. Vol. 50. №6. P. 810—816. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.6.810rus.

10. Wild J., Kramer V., Kirke by C., Gussmann M. (). Lactational treatment of bovine mastitis — Development

over time and factors influencing cytological cure. Journal of Dairy Science, 106(8), 2023 Vol. 5740—5752. DOI: 10.1177/0890334420907898.

11. Cai Z., Iso-Touru T., Sanchez M. P. et al. (2024). Meta—analysis of six dairy cattle breeds reveals biologically relevant candidate genes for mastitis resistance. Genetics Selection Evolution, 56(1), 54. DOI: 10.1186/s12711-024-00920-8.

12. Khan M. Z., Huang B., Kou X., et al. Enhancing bovine immune, antioxidant and anti-inflammatory responses with vitamins, rumen-protected amino acids, and trace minerals to prevent periparturient mastitis // Frontiers in Immunology. 2023. Vol. 14. Article 1290044. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1290044.

13. Ruegg P.L. Practical Approaches to Mastitis Therapy // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100. No. 12. P. 10283—10297. DOI: 10.3168/jds.2017-13023.

over time and factors influencing cytological cure. Journal of Dairy Science, 106(8), 2023 Vol. 5740—5752. DOI: 10.1177/0890334420907898.

11. Cai Z., Iso-Touru T., Sanchez M. P. et al. (2024). Meta—analysis of six dairy cattle breeds reveals biologically relevant candidate genes for mastitis resistance. Genetics Selection Evolution, 56(1), 54. DOI: 10.1186/s12711-024-00920-8.

12. Khan M. Z., Huang B., Kou X., et al. Enhancing bovine immune, antioxidant and anti-inflammatory responses with vitamins, rumen-protected amino acids, and trace minerals to prevent periparturient mastitis // Frontiers in Immunology. 2023. Vol. 14. Article 1290044. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1290044.

13. Ruegg P.L. Practical Approaches to Mastitis Therapy // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100. No. 12. P. 10283—10297. DOI: 10.3168/jds.2017-13023.

УДК: 619:616.9(571.6)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.105

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СТРОНГИЛОИДОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Бондаренко Г. А.* — научный сотрудник отдела паразитологии и зооэкологии (ORCID 0000-0001-8641-2388); **Соловьева И. А.** — канд. биол. наук, вед.научн. сотр. отдела паразитологии и зооэкологии (ORCID 0000-0003-3946-4593); **Остякова М. Е.** — д-р биол. наук, доцент, директор (ORCID 0000-0002-2996-0991); **Трухина Т. И.** — канд. с/х наук, ст. науч. сотр. отдела паразитологии и зооэкологии (ORCID 0000-0003-4882-6971).

ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт».

*galy78@yandex.ru.

Ключевые слова: *Strongyloides papillosus, стронгилоидоз, личинки, сезонность, крупный рогатый скот, экстенсивность инвазии, Амурская область.*

Key words: *Strongyloides papillosus, strongyloidiasis, larvae, seasonality, cattle, prevalence of infestation, Amur region.*

Финансирование: *материалы подготовлены в рамках государственного задания ФГБНУ ДальЗНИВИ по теме FNGS-2025-0001 «Научно-практические аспекты диагностики, профилактики и терапии болезней животных, птиц и пчел инфекционной и неинфекционной этиологии».*

Поступила в редакцию / Received: 28.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Целью исследования было определение сезонной экстенсивности инвазии стронгилоидозом крупного рогатого скота в условиях животноводческих хозяйств Амурской области. Было проведено 1280 исследований крупного рогатого скота на зараженность стронгилоидозом нескольких животноводческих хозяйств на территории Амурской области. Пробы фекалий брали каждый месяц в одних и тех же группах животных в течение всего календарного года. Провели копрологические исследования проб на наличие яиц и личинок нематод седиментационным методом (уксусно-эфирным). Проведено культивирование проб в течении 8—10 дней, далее методом Бермана устанавливали наличие личинок нематод в исследуемом материале. Произвели просчёт экстенсивности инвазии и определили коэффициент вариации (сезонной динамики) S. papillosus у крупного рогатого скота. Среднемесячный показатель экстенсивности инвазии составил 17,2 %. Установлены пиковые значения в зимне-весенний и летний периоды — январь (ЭИ 21,8 %), март (ЭИ 22,6 %), апрель (ЭИ 19,6 %), июнь (ЭИ 23,6 %), август (ЭИ 21,8 %), при $p<0,001$. Летний пик связан с накоплением личинок на пастбищах. Зимне-весенний пик связан с активацией личинок S. papillosus в благоприятных условиях помещений на фоне снижения резистентности организма животных. Период низкой зараженности (спад) отмечен в июле (ЭИ 5,5 %), октябре (ЭИ 9,6 %), ноябре (ЭИ 11,0 %) при $p<0,05$ и феврале (5,6 %). Стронгилоидоз регистрируется во все сезоны года с разными значениями весна (Кс=25,5 %), лето (Кс=43,6 %) осень (Кс =16,8 %), зима (Кс=14,1 %). Наиболее эпизоотически значимый сезон по стронгилоидозу КРС — лето (Кс=43,6%). Инвазия S. papillosus имеет устойчивый характер с выраженной сезонностью, коэффициент вариации составил 41,0 %, что необходимо учитывать при планировании своевременных диагностических и лечебно-профилактических мероприятий.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Стронгилоидоз крупного рогатого скота – паразитарное заболевание, вызываемое представителями нематод рода *Strongylloides* (*S. papillosus* и *S. vituli*). Являются геогельминтами, способны выживать в окружающей среде при оптимальной температуре и влажности. Определена возрастная восприимчивость крупного рогатого скота к стронгилоидам, наиболее восприимчивы телята в возрасте 4—6 месяцев, затем молодняк до 4 месяцев [2, 3, 6, 10, 11, 14]. С возрастом экстенсивность инвазии снижается. Клинические проявления: апатия, снижение аппетита и двигательной активности, диарея, очаговый дерматит. Возможно развитие бронхопневмонии (особенно у телят) и падеж [12]. Экономический ущерб от стронгилоидоза обусловлен не только прямыми потерями, связанными с падежом молодняка, но и снижением продуктивности животных: уменьшением привесов, ухудшением качества мяса и снижением удоев молока.

Заболевание часто протекает латентно, особенно при слабой степени инвазии, что затрудняет своевременную диагностику и способствует распространению [12]. Часто встречается в сочетании с другими паразитами (эймерии, эзофагостомы и др.), что усугубляет клиническую картину [4, 9].

Распространенность стронгилоидоза крупного рогатого скота в Иркутской области 0,36 на 1000 животных [1]. В Республике Беларусь средняя ЭИ 32,37 %, с варьированием по областям (наибольшая в Могилевской — 46,05 %, наименьшая в Брестской — 20,50 %) [11]. Рязанская область – стронгилоидоз выявлен у 16,9 % животных [10].

Цель нашего исследования — определить экстенсивность инвазии стронгилоидозом крупного рогатого скота в условиях Амурской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена на базе отдела паразитологии и зооэкологии ФГБНУ ДальЗНИВИ. Проведено 1280 исследований фекалий от крупного рогатого скота, отобранных из трёх животноводческих хозяйств Амурской области.

Исследования по изучению стронгилоидоза крупного рогатого скота в условиях Амурской области осуществлялись в течение 2024—2025 года (январь—декабрь) путем отбора проб фекалий с последующим определением наличия в них яиц и личинок гельминтов. Отбор проводили каждый месяц в одних и тех же группах животных.

Исследование фекалий выполнялось согласно МУК 4.13145-13 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Лабораторная диагностика гельминтозов и протозоозов» [8]. Использовали седиментационный (уксусно-эфирный) метод. Провели культивирование личинок нематод в течение 8—10 дней. Для обнаружения личинок легочных и кишечных нематод использован метод Бермана. Идентификацию яиц и личинок гельминтов проводили по атласу Черепанова А. А. и др. (1999) [13], Ивашкина В. М., Мухамадиева С. А. (1981) [5]. Произведен подсчет показателей экстенсивности инвазии (ЭИ), коэффициенты сезонности (Кс) и коэффициент вариации (Cυ). Использовали следующие формулы:

ЭИ= n/N ×100%, где n — количество зараженных животных, N — общее количество животных;

Кс = (∑n)/N ×100 %, где ∑n — сумма зараженных животных в сезон, N — общее количество зараженных за год;

Cυ = σ/x × 100 %, где σ — показатель стандартных отклонений среднемесячных значений, x — средняя арифметическая показателей ЭИ за 12 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Выявлено заражение стронгилоидозом в 220 пробах, что составило 17,2 % всех исследуемых животных. Заражение S. papillosus выявлялось постоянно в течение каждого месяца календарного года с различной степенью экстенсивностью инвазии (ЭИ) (табл. 1).

Период наибольшей зараженности приходится на зимне-весенний и летний периоды: январь (ЭИ 21,8 %, при p<0,001), март (ЭИ 22,6 %, при p<0,001), апрель (ЭИ 19,6 %, при p<0,001), июнь (ЭИ 23,6 %, при p<0,001), август (ЭИ 21,8 %, при p<0,001) (рис. 1).

Период низкой зараженности (спад) — июль (ЭИ 5,5 %, при p<0,05), октябрь (ЭИ 9,6 %, при p<0,05), ноябрь (ЭИ 11,0 %, при p<0,05) и февраль (5,6 %, при p>0,05). Следует отметить, что в феврале количество проведенных исследований в несколько раз меньше проведенных исследований в других месяцах, поэтому полученный показатель не отражает реальную картину заражения, достоверности не установлено.

Абсолютный максимум по количеству выявленных случаев заражений выявлен в июне (66), экстенсивность инвазии составила 23,6 %, p<0,001, следует отметить что в этом месяце было проведено по объему наибольшее количество ис-

Таблица — Зараженность крупного рогатого скота *S. papillosus* в годовой динамике

Table — Infection of cattle with *S. papillosus* in annual dynamics

Месяц	Исследовано	Выявлено зараженных *S. papillosus*	ЭИ,% M±m
Январь	87	19	21,8±4,43***
Февраль	18	1	5,6±5,42
Март	102	23	22,6±4,14***
Апрель	92	18	19,6±4,14***
Май	107	15	14,0±3,35***
Июнь	280	66	23,6±2,54***
Июль	110	6	5,5±2,17*
Август	110	24	21,8±3,94***
Сентябрь	110	19	17,3±3,61***
Октябрь	94	9	9,6±3,04*
Ноябрь	82	9	11,0±3,46*
Декабрь	88	11	12,5±3,52**
Итого:	1280	220	17,2±1,05***

Примечание: *при p<0,001***, p<0,01**, p<0,05**.*

следований (280), что достоверно подтверждает полученные результаты.

Показатели зараженности стронгилоидозом в течение года в среднем остаются на высоком уровне (большинство месяцев ЭИ>12 %, средняя ЭИ составила 17,2 %), что свидетельствует о постоянной циркуляции паразита у крупного рогатого скота в обследуемых хозяйствах Амурской области. Выявлены пики – в начале года (январь-март) и в середине года (июнь-август). Кс(зима)=14,1 %, Кс(весна)=25,5 %, Кс(лето)=43,6 %, Кс(осень)=16,8 %, таким образом наиболее эпизоотически значимым сезоном является лето Кс(лето)=43,6 %. Также определен коэффициент вариации изменчивости среднемесячных показателей ЭИ, Cυ =41,0 % (>20 % высокая вариация), что показывает сильную изменчивость показателей ЭИ по месяцам и сезонные колебания.

ОБСУЖДЕНИЕ/ DISCUSSION. Высокие показатели ЭИ в августе, согласуются с данными, полученными более ранними исследованиями Дёмкиной О.В., 2006 в Приамурье , исследованиями Кононовой Е. А., Новак М. Д., 2009, проведенные на территории другой климатической зоны, в Рязанской области [3, 7]. Пик связан с накоплением личинок на пастбище к концу сезона. Пик зимне-весеннего периода связано с весенним потеплением и повышением влажности в помещениях, что благоприятно сказывается на развитии личинок, а также угнетением иммунной системы животных к концу зимнего-началу весеннего периода, что приводит к активизации «дремлющих» в организме личинок нематод и вспышкам заболеваний [3]. Отмечена аномалия в июле, резкое падение показателей после пика в июне, что вероятно связано как с погодными условиями, повлиявших на выживаемость личинок во внешней среде (высокая температура и низкая влажность в исследуемом году), так и проведением противоэпизоотических мероприятий в хозяйствах. Исследования, проведенные на территории Белорусии подтверждают данные, что стронгилоидозная инвазия регистрируется во все сезоны года [11].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION.

1. Наиболее эпизоотически значимый сезон по стронгилоидозу КРС — лето (Кс=43,6 %), при этом стронгилоидоз регистрируется и в другие сезоны года с разными значениями весна (Кс=25,5 %), осень (Кс=16,8 %), зима (Кс=14,1 %).

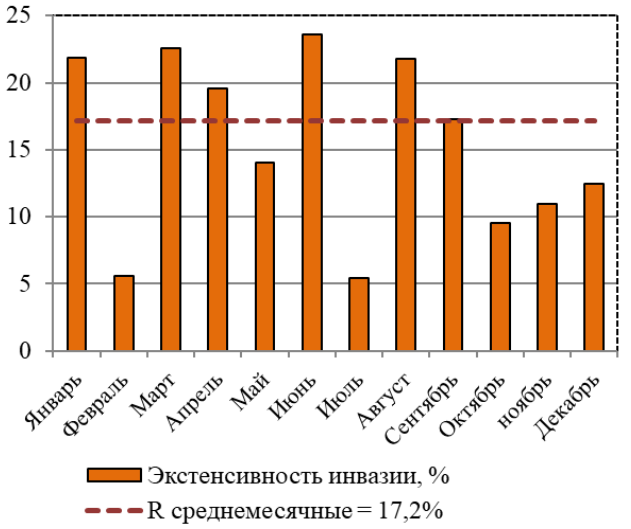


Рисунок 1 *— Экстенсивность инвазии крупного рогатого скота S.papillosus Амурской области в 2024—2025 гг..*

Figure 1 *— Extensiveness of S. papillosus invasion of cattle in the Amur region in 2024—2025.*

2. Среднемесячные показатели экстенсивности инвазии *S. papillosus* составили 17,19 %.

3. Пиковые значения установлены в зимне-весенний период — январь (21,84 %), март (22,55 %), и летний период — июнь (23,57 %), август (21,82 %).

4. Установлена выраженная сезонная динамика инвазии в течение года, коэффициент вариации изменчивости среднемесячных показателей ЭИ составил 41,0 %, что значительно выше референсного значения.

Таким образом, учитывая годовую регистрацию *S. papillosus* и его высокие показатели в определенные периоды, рекомендуем уделить особое внимание в данные периоды диагностическим и лечебно-профилактическим мероприятиям в хозяйствах Амурской области, а также продолжить мониторинговые исследования.

SEASONAL DYNAMICS OF BOVINE STRONGYLOIDOSIS IN LIVESTOCK FARMS OF THE AMUR REGION

Bondarenko G. A.* — researcher (ORCID 0000-0001-8641-2388); **Solovyeva I. A.** — PhD in Biology, leading research fellow (ORCID 0000-0003-3946-4593); **Ostyakova M. E.** — Doctor of Biology, director (ORCID 0000-0002-2996-0991); **Trukhina T. I.** — PhD in Agriculture, senior research fellow. (ORCID 0000-0003-4882-6971).

Federal State Budgetary Scientific Institution «Far Eastern Zonal Research Veterinary Institute».

* galy78@yandex.ru.

Funding: the materials were prepared within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution Far Eastern Research Institute of Veterinary Medicine on the topic FNGS-2025-0001 «Scientific and practical aspects of diagnostics, prevention and therapy of diseases of animals, birds and bees of infectious and non-infectious etiology».

ABSTRACT. *The aim of this study was to determine the seasonal prevalence of strongyloidiasis in cattle on livestock farms in the Amur Region. Cattle were tested for strongyloidiasis at several livestock farms in the Amur Region. A total of 1,280 fecal samples were collected monthly from the same groups of animals throughout the calendar year. Coprological examination of the samples was performed for the presence of nematode eggs and larvae using the sedimentation method (acetic acid-ether). The samples were cultured for 8—10 days, and then the presence of nematode larvae was determined using the Berman method. The prevalence of infestation was calculated and the coefficient of variation (seasonal dynamics) of S. papillosus in cattle was determined. The average monthly prevalence of infestation was 17,2 %. Peak values were recorded in the winter-spring and summer periods: January (EI 21,8 %), March (EI 22,6 %), April (EI 19,6 %), June (EI 23,6 %), August (EI 21,8 %), with p<0,001. The summer peak is associated with the accumulation of larvae in pastures. The winter-spring peak is associated with the activation of S. papillosus larvae in favorable indoor conditions against the background of decreased resistance of animals. The period of low infestation (decline) was noted in July (EI 5,5 %), October (EI 9,6 %), November (EI 11,0 %) with p<0,05 and February (5,6 %). Strongyloidiasis is recorded in all seasons of the year with varying values: spring (Kc = 25,5 %), summer (Kc = 43,6 %), autumn (Kc = 16,8 %), and winter (Kc = 14,1 %). The most epizootic season for strongyloidiasis in cattle is summer (Kc = 43,6 %). S. papillosus infestation is persistent and has a pronounced seasonality; the coefficient of variation was 41,0 %, which must be taken into account when planning timely diagnostic, treatment, and preventive measures.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Батомункуев, А. С. Нозологический профиль инвазионных болезней крупного рогатого скота в Иркутской области / А. С. Батомункуев, И. В. Мельцов // Вестник ИрГСХА. — 2019. — № 93. — С. 131—138.

2. Бондаренко, Г. А. Стронгилоидоз телят в Амурской области / Г. А. Бондаренко, И. А. Соловьева, Т. И. Трухина // Научное обеспечение животноводства Сибири: Материалы VIII Межд. научно-практической конференции, Красноярск, 16—17 мая 2024 года. — Красноярск: Красноярский научный центр СО РАН, 2024. — С. 364—366. DOI 10.52686/9785605087915_364.

3. Дёмкина О. В. Стронгилоидоз крупного рогатого скота в Приамурье / О.В.Дёмкина // Тр. всеросс. ин—та гельминтологии им. К.И. Скрябина. — М., 2006. — Т. 43. — С.81—84.

4. Енгашев, С. Гельминтозы крупного рогатого скота: профилактика и лечение / С. Енгашев, Е. Енгашева, М. Новак // Животноводство России. — 2019. — № 9. — С. 43—46. DOI: 10.25701/ZZR.2019.16.77.004.

5. Ивашкин В. М., Мухамадиев С. А. Определитель гельминтов крупного рогатого скота. — М.: Наука. — 1981. — 259 с.

6. Колоколова, О. И. Стронгилоидоз молодняка крупного рогатого скота в Калужской области / О. И. Колоколова // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. — 2023. — № 24. — С. 215—219. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.215-219.

7. Кононова Е. А., Новак М. Д. Сезонная динамика стронгилятозов и стронгилоидоза КРС в хозяйствах Рязанской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. — 2009. — №. 10. — С. 219—222.

8. Лабораторная диагностика гельминтов и протозоозов: Метод. указания МУК 4.2.3145—13, 2—е изд., испр. и доп., ил. — М.: ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора. — 2014. — 118 с.

9. Новак, М. Д. Аспекты диагностики и лечения смешанных форм стронгилоидоза и эймериоза телят / М. Д. Новак, М. А. Балакирев // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : сборник материалов VI Международной научно—практической конференции, Москва, 06 декабря 2021 года. — Москва: ООО «Институт развития образования и консалтинга», 2021. — С. 14—18.

10. Новак, М. Д. Смешанные инвазии крупного рогатого

REFERENCES

1. Batomunkuev, A. S. Nosological profile of invasive diseases of cattle in the Irkutsk region / A. S. Batomunkuev, I. V. Meltsov // Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy. 2019: 93: 131—138.

2. Bondarenko, G. A. Strongyloidiasis of calves in the Amur region / G. A. Bondarenko, I. A. Solovieva, T. I. Trukhina // Scientific support for animal husbandry in Siberia: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, May 16—17, 2024. — Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, 2024: 364—366. DOI 10.52686/9785605087915_364.

3. Demkina O. V. Strongyloidiasis of cattle in the Amur region / O. V. Demkina // Proceedings of the All—Russian Institute of Helminthology named after K. I. Skryabin. — Moscow, 2006: 43: 81—84. (In Russ.).

4. Engashev, S. Helminthiasis of cattle: prevention and treatment / S. Engashev, E. Engasheva, M. Novak // Animal Husbandry of Russia. 2019: 9: 43—4. DOI: 10.25701/ZZR.2019.16.77.004.

5. Ivashkin V.M., Muxamadiev S.A. Identifier of cattle helminths. — M.: Nauka. 1981: 259 p. (In Russ.).

6. Kolokolova, O. I. Strongyloidiasis in young cattle in the Kaluga region / O. I. Kolokolova // Theory and practice of combating parasitic diseases. 2023: 24: 215—219. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.215-219. (In Russ.)

7. Kononova E. A. Seasonal dynamics of strongylosis and strongyloidiasis in cattle in the Ryazan region farms / E. A. Kononova, M. D.Novak // Theory and practice of combating parasitic diseases. 2009: 10: 219—222.

8. Laboratory diagnostics of helminths and protozoan diseases: Methodical guidelines MUK 4.2.3145—13, 2nd ed., corr. and add., ill. — M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. — 2014. — 118 p.

9. Novak, M. D. Aspects of diagnostics and treatment of mixed forms of strongyloidiasis and eimeriosis in calves / M. D. Novak, M. A. Balakirev // Actual problems of science and education in the context of modern challenges: collection of materials from the VI International scientific and practical conference, Moscow, December 6, 2021. — Moscow: Institute for Education Development and Consulting, 2021:14—18.

10. Novak, M. D. Mixed invasions of cattle in the Central

скота в Центральном районе Российской Федерации (эпизоотология, диагностика) / М. Д. Новак // Российский паразитологический журнал. — 2010. — № 2. — С. 60—64.

11. Патафеев, В. А. Возрастные и сезонные особенности стронгилоидозной инвазии крупного рогатого скота / В. А. Патафеев, Р. Н. Депова // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета госу. академия вет. медицины. — 2017. — Т. 53, № 1. — С. 123—125.

12. Патафеев, В. А. Паразитохозяинные отношения при экспериментальном стронгилоидозе крупного рогатого скота / В. А. Патафеев // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета гос. академия вет. медицины. — 2012. — Т. 48, № 1. — С. 177—180.

13. Черепанов А. А., Москвин А. С., Котельников Г. А., Хренов В. М. Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей — Москва : Издательство «Колос», 2001. — 76 с. — ISBN 5-10-003739-3.

14. Ятусевич, А. И. Особенности распространения стронгилоидоза крупного рогатого скота и свиней в Республике Беларусь / А. И. Ятусевич и др. // Ветеринарный журнал Беларуси. — 2016. — № 1(3). — С. 40—42.

region of the Russian Federation (epizootology, diagnostics) / M. D. Novak // Russian parasitological journal. 2010: 2: 60—64. (In Russ.).

11. Patafeev, V. A. Age and seasonal features of strongyloidiasis invasion of cattle / V. A. Patafeev, R. N. Depova // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2017: 53: 1: 123—125.

12. Patafeev, V. A. Parasite-host relationships in experimental strongyloidiasis in cattle / V. A. Patafeev // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2012:48: 1: 177—180.

13. Cherepanov A. A., Moskvin A. S., Kotel`nikov G. A., Khrenov V. M. Differential diagnostics of helminthiases by morphological structure of eggs and larvae of pathogens — Moscow: Kolos Publishing House, 2001: 76 p. ISBN 5-10-003739-3.

14. Yatusevich, A. I. Features of the spread of strongyloidiasis in cattle and pigs in the Republic of Belarus / A. I. Yatusevich, V. A. Samsonovich, V. A. Patafeev // Veterinary Journal of Belarus. 2016: 1(3):40—42.

УДК: 616.98:579.842.11-092:636.5.033
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.110

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ЦЫПЛЯТ-КОРНИШОНОВ К КОЛИБАКТЕРИОЗУ

Виноходов О. В. — ветеринарный врач, соискатель степени.

«Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства, филиал ФНЦ «ВНИТИП».

Ключевые слова: *колибактериоз птиц, цыплята-корнишоны, вирусвакцины против ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита, болезни Гамборо, естественная резистентность к колибактериозу.*

Key words: *colibacillosis of birds, gherkin chickens, virus vaccines against Newcastle disease, infectious bronchitis, Gumboro disease, natural resistance to colibacillosis.*

Поступила в редакцию / Received: 25.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 09.04.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Автором экспериментально установлено, что применение вирусвакцин для профилактики вирусных болезней у цыплят корнишонов снижает естественную резистентность их к колибактериозу во много раз. Контрольное заражение вакцинированных цыплят штаммом E. coli № 16-6 в дозе 0,5·ЛД50 вызывает развитие колисептицемии, в отличие от контролей. Наиболее активный депрессант естественной резистентности цыплят — вирус ньюкаслской болезни, снижающий резистентность к колибактериозу до -7 уер. (условных единиц резистентности), то есть в 14 раз, по сравнению с контролем. Производство корнишонов проводится, как правило, в благополучных по инфекционным болезням небольших хозяйствах при соблюдении принципа «Всё полно — всё занято» не только отдельных птичников, но и хозяйства полностью. Подавляющее большинство цыплят легко переносят условия их выращивания в течение 16 – 18 дней. Изолированное от окружающей среды безвыгульное содержание цыплят позволяет избежать возникновения инфекционных процессов. Поэтому искусственный вызов инфекций не желателен во время выращивания. То есть, применение вирусвакцин во многих случаях имеет существенные ограничения, поскольку вакцинация вирусвакцинами провоцирует возникновение и развитие в стаде цыплят колисептицемии. Применение санитарных мер профилактики во многих случаях достаточны для нормального выращивания цыплят корнишонов. В настоящей статье автором изучены количественные характеристики снижения резистентности цыплят к колибактериозу при вакцинации их коммерческими живыми вирусвакцинами. Установлено, что Контрольное заражение вакцинированных цыплят штаммом E. coli № 16-6 в дозе 125 тыс.КОЕ/кг массы тела (0,5·ЛД50) вызывает развитие колисептицемии, в отличие от контролей.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Колибактериоз птиц — острая инфекционная болезнь, проявляющаяся у птиц в респираторной, энтеральной формах и в виде септицемии. Когда речь идёт о возникновении колибактериоза среди значительного поголовья (до 60 и более особей на м^2 пола) мясных цыплят 1—16-дневного возраста, патогенез болезни часто связан не только с распространением возбудителя, но и с эффективностью всех ветеринарных мероприятий, против болезней птиц в птицеводческом хозяйстве. В этом смысле имеет значение всё: культура производства, дополнительные технологические и санитарные мероприятия, вакцинации против болезней птиц в зависимости от неблагополучия хозяйства и др.

Из литературы известно, что применение в птицеводстве живых вирусных вакцин в целом временно снижает естественную резистентность птиц и повышает их восприимчивость к колибактериозу в поствакцинальный период, обеспечивая «букет болезней», дигностируемых в определённые периоды выращивания [2].

Считается, что возбудителями колибактериоза являются вирулентные штаммы кишечной палочки. Мнения о патогенезе инфекционного процесса различны. Считается, что вирулентные штаммы *E. coli* способны самостоятельно вызвать болезнь в форме септицемии, а есть мнение, что сама кишечная палочка и вирулентные её шиаммы способны лишь вызвать инфекцию, не приводящую к болезни [6].

Кишечная палочка (*Escherichia coli*) — вид условно патогенных для птиц бактерий, в норме обитающих в кишечнике и являющихся частью нормальной флоры хозяина. Её присутствие полезно, в том числе и для популяции птиц в целом, обеспечивая единство микробного фона, а, вместе с ним и общего неспецифического иммунитета стада.

Случаи высокой вирулентности эпизоотических штаммов *E. coli* для цыплят разных возрастов были исследованы в 1980—1988 гг. и подтверждены в 1999—2007 гг. [2 и др.]. Авторами было выделено от больных цыплят примерно 1—3 % вирулентных штаммов *E. coli* с минимально эффективной заражающей дозой (МЗД) 200.000 КОЕ/кг и менее. То есть, высоковиру-

лентные штаммы — это редкость в птицеводстве. Следовательно, этиология массовых вспышек колибактериоза у птиц иная.

Поэтому, при возникновении вспышки колибактериоза птиц, приходится анализировать технологические процессы выращивания птицы с учетом эффективности схемы профилактики болезней птиц (ветеринарной технологии) в неблагополучном хозяйстве с целью её корректировки.

В настоящей статье мы приводим результаты контролируемых экспериментов с вакцинациями цыплят против основных вирусных патогенов и развитием на этом фоне колибактериоза. Устойчивость вакцинированных цыплят к колибактериозу определяли по клиренсу контрольного штамма *E. coli* из организма.

Цель исследований состояла в том, чтобы определить восприимчивость вакцинированных против вирусных болезней цыплят корнишонов к колибактериозу птиц и спрогнозировать возможности предотвращения его возникновения и развития в стаде во время выращивания цыплят до 16—18-дневного возраста.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Подготовить экспериментальные группы корнишонов 12-дневного возраста, изолировать контроли, опытных провакцинировать коммерческими вирусвакцинами против ньюкаслской болезни (НБ), инфекционного бронхита (ИБ), болезни Гамборо (ИББ) и провакцинировать отдельную группу сочетанием вакцин (НБ+ИБ+ИББ).

2. Определить естественную резистентность всех цыплят путём исследования клиренса контрольного штамма *E. coli* в течение 3 суток после экспериментального заражения.

3. Проанализировав результаты и спрогнозировать проведение профилактических ветеринарных мероприятий против возникновения колибактериоза птиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Для проведения экспериментов мы воспользовались штаммом № 16-6 *E. coli* серотипа O_2 с вирулентностью 250 тыс. КОЕ/кг. массы цыплёнка в возрасте 12 дней, выделенный нами в предыдущих исследованиях на кафедре микробиологии, вирусологии и иммунологии СПбГУВМ.

Группы цыплят этого возраста вакцинировали коммерческими вакцинами против вирусных болезней птиц, согласно Наставлениям по их применению. Против ньюкаслской болезни (НБ) проиммунизировали 15 гол. вакциной Владивак-Ла-Сота [3] (группа 1). Против инфекционного бронхита привили 15 гол. вакциной ИБК-ЩБК (штамм «Н-120» серотип Массачусетс) [4] (группа 2). Против болезни Гамборо (инфекционной бурзальной болезни, ИББ) привили 15 гол. вирусвакциной из штамма «Винтерфилд 2512» [5] (группа 3). Комплексную иммунизацию против всех трёх болезней у 15 гол. цыплят провели те ми же вакцинами, согласно наставлениям (группа 4). Все иммунизации проводили методом выпаивания. Пятую группу (15 гол., группа 5) исследовали как интактную. 6-ю группу (15 гол.) содержали в другом изолированном помещении. Эти цыплята так же, как и в 5-ой, служили контролем.

Естественную резистентность к экспериментальному колибактериозу изучали методом контроля клиренса к вирулентному штамму *E. coli* у здоровых цыплят в возрастах от 14 до 17 дней по методу [1]. Результаты измерений анализировали математически и выражали в условных единицах резистентности (уер.).

На основании полученных данных был составлен прогноз возможного возникновения болезни и проанализированы пути профилактики колибактериоза в стадах цыплят-корнишонов при выращивании их на мясо.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Через 1—3 дня после проведения курсов иммунизации цыплят по группам были замечены незначительно проявляющиеся клинические признаки поствакцинальной реакции. Они выглядели как угнетение, лёгкие хрипы при дыхании, у вакцинированных против болезни Гамборо и привитых против всех трёх инфекций — несколько разжиженный помёт. Однако, все цыплята были подвижны, не отказывались от корма и воды.

После ослабления признаков поствакцинальной реакции всех цыплят заразили внутрибрюшинно контрольным (вирулентным) штаммом *E. coli* № 16-6 серотипа O_2 в дозе 125 тыс. КОЕ/кг массы тела (0,5·ЛД50). На следующий день после заражения у всех цыплят появились клинические признаки болезни в разной интенсивности.

Результаты высевов из венозной крови цыплят через 1, 3, 6, 12 и 24 часа позволили определить клиренс и рассчитать резистентность цыплят к колибактериозу. Результаты суммированы на графике 1.

В контрольных группах 5 и 6 болезнь не была диагностирована. За период наблюдения цыплята выглядели здоровыми и, в результате выращивания, показали значительные привесы живой массы, не смотря на экспериментальное их заражение *E. coli*. Контроль №1 (5 группа) показал высокую достоверность результатов опыта.

В течение всего эксперимента в опытных группах цыплят, заражённых штаммом *E. coli* № 16-6, мы наблюдали клинические признаки болезни и даже падёж цыплят, предварительно привитых вирусвакцинами.

Наиболее острая реакция наблюдалась в группах 1 и 4, где была применена вакцина против НБ. У всех цыплят наблюдалась выраженная поствакцинальная реакция и колисептицемия. Они переболели или пали с типичными признаками колибактериоза. У павших цыплят были обнаружены фибринозные перикардит, перигепатит и аэросаккулит. Общий падёж в этих группах превысил 20 % за неделю наблюдения.

При расчете естественной резистентности, исходя из результатов бактериологических исследований крови установлено, что контрольные

цыплята имели нормальную резистентность к колибактериозу в пределах 7—8 уер. (условных единиц резистентности).

Очень низкие значения резистентности были зафиксированы у цыплят, вакцинированных против НБ и комплексом вакцин против НБ, ИБ и ИББ (группы 1 и 4). По-видимому, нькослский вирус спровоцировал общий процесс снижения резистентности до -7 и -8 уер и повысил восприимчивость цыплят к колибактериозу, что и было подтверждено клиническими и патологоанатомическими методами исследования.

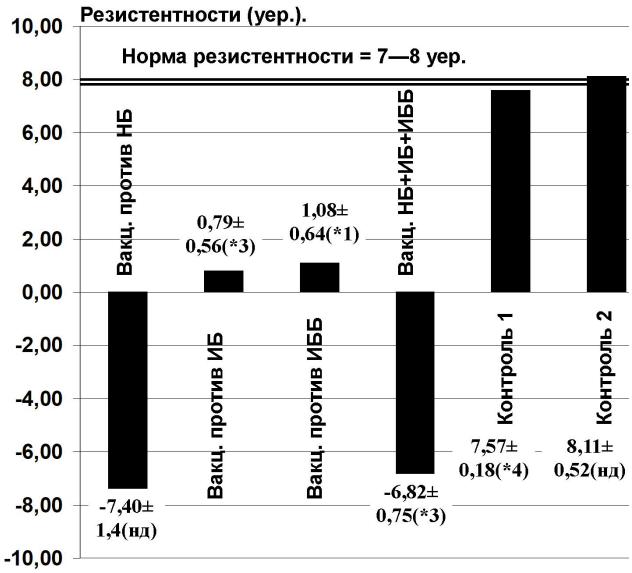
Явно пониженная резистентность к колибактериозу установлена у цыплят после вакцинаций против ИБ и ИББ (группы 2 и 3). Показатель опустился до 1 уер., то есть весьма показательно снизился в 7 раз по сравнению с контролем, что привело часть цыплят к болезни и обе группы к повышенному отходу поголовья за период выращивания.

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION. Проведённые эксперименты наглядно продемонстрировали тот факт, что вирусы, и, в частности живые вирусные вакцины, потенциально снижают естественную резистентность цыплят к колибактериозу. Такоё же эффект наблюдал и Виноходов О. В. (старший) и основал на этом свою «Теорию патологического каскада» в 1982 году. Повышение восприимчивости поголовья птиц может приводить к массовым вспышкам колисептицемии в стадах цыплят корнишонов и бройлеров.

Установлено, что наиболее активным иммуносупрессором из всех исследованных вирусов является вирус НБ, резко снижающий устойчивость цыплят к колибактериозу в поствакцинальный период. Меньшей супрессорной активностью обладают вирусы ИБ и ИББ, хотя последний считается в ветеринарной практике весьма сильным депрессантом естественной резистентности.

Комплексная вакцинация цыплят вирусами НБ, ИБ и ИББ показала результат близкий к поствакцинальным осложнениям после применения моновирусвакцины против НБ, что говорит о ведущей роли последнего в иммуносупрессорном поствакцинальном процессе.

В свою очередь, оба контроля (группы 5 и 6) выросли с хорошими показателями без применения вирусвакцин. Это даёт основания для рассмотрения целесообразности вакцинаций вообще в благополучных по вирусным болезням хозяйствах, занимающихся производством цыплят корнишонов. То есть, до 16—18-дневного возраста можно выращивать цыплят без специфической иммунизации против вирусных болезней при соблюдении необходимых санитарных мер профилактики. Таким образом, применение вирусвакцин в производстве цыплят-корнишонов во многих случаях имеет отдельные ограничения по показаниям, поскольку их применение провоцирует возникновение и развитие в стаде цыплят колисептицемии.



Примечания: достоверность (*5) — <0,0005; (*4) — <0,005; (*3) — <0,025; (*) — <0,05; (нд) — не достоверно.

Рисунок 1 *— Средние значения естественной резистентности у цыплят корнишонов в группах, вакцинированных коммерческими вирусвакцинами, выраженные в уер. (условных единицах резистентности по методу [1]. Норма резистентности для цыплят 7—8 уер.).*

Figure 1 *— Average values of natural resistance in gherkin chickens in groups vaccinated with commercial virus vaccines, expressed in units (conventional units of resistance according to the method [1]. The resistance standard for chickens is 7—8 units).*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Применение вирусвакцин для профилактики вирусных болезней у цыплят корнишонов снижает естественную резистентность их к колибактериозу во много раз. Контрольное заражение вакцинированных цыплят штаммом *E. coli* № 16-6 в дозе 125 тыс. КОЕ/кг массы тела (0,5·ЛД50) вызывает развитие колисептицемии, в отличие от контролей.

Наиболее активный депрессант естественной резистентности цыплят — вирус НБ, снижающий резистентность к колибактериозу до -7 уер. (условных единиц резистентности), то есть в 14 раз, по сравнению с контролем.

Применение вирусвакцин в производстве цыплят корнишонов во многих случаях ограничено по показаниям, поскольку вакцинация вирусвакцинами провоцирует возникновение и развитие в стаде цыплят колисептицемии.

Применение санитарных мер профилактики во многих случаях достаточны для нормального выращивания цыплят корнишонов.

ON THE QUESTION OF INCREASING THE SUSCEPTIBILITY OF GHERIC CHICKENS TO COLIBACTERIOSIS

Vinokhodov O. V. — practicing veterinarian, PhD candidate; All-Russian Research Institute of Veterinary Poultry Farming, branch of the Federal Scientific Center «VNITIP».

ABSTRACT. *The author has experimentally established that the use of virus vaccines for the prevention of viral diseases in gherkin chickens reduces their natural resistance to colibacillosis several times. A challenge infection of vaccinated chickens with E. coli strain № 16-6 at a dose of 0.5•LD50 causes the development of colisepticemia, unlike the controls. The most active depressant of the natural resistance of chickens is the Newcastle disease virus, which reduces resistance to colibacillosis to -7 uer. (conventional units of resistance), that is, 14 times, compared to the control. Gherkin production is generally carried out on small farms free from infectious diseases, adhering to the «Everything is full - everything is occupied» principle, not only for individual poultry houses, but for the entire farm. The overwhelming majority of chickens easily tolerate these conditions for their rearing for 16-18 days. Keeping chickens isolated from the environment and kept indoors prevents the development of infectious processes. Therefore, artificially inducing infections during rearing is undesirable. Therefore, the use of viral vaccines in many cases has significant limitations, as vaccination with viral vaccines provokes the emergence and development of colibacillosis in the flock. The use of sanitary preventive measures is often sufficient for the normal rearing of gherkin chickens. In this article, the author studied the quantitative characteristics of the reduction in chicken resistance to colibacillosis after vaccination with commercial live virus vaccines. It was found that challenge infection of vaccinated chickens with E. coli strain No. 16-6 at a dose of 125,000 CFU/kg body weight (0.5•LD50) caused the development of colibacillosis, unlike the controls.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Виноходова М.В. Определение интегральной резистентности организма методом коли-клиренса. Дисс. канд. вет. наук, 2015, 120 с.

2. Виноходов В. О. Биотехнология профилактики колибактериоза птиц. — Приложение к т. 2 (49) «Архива ветеринарных наук».- Санкт-Петербург, Ломоносов, 2000, 597 с.

3. Владивак-Ла-Сота. https://pettown.ru/catalog/veterinarnaya-apteka/vaktsiny-syvorotki-immunoglobuliny/virusvaktsina-sukhaya-protiv-nyukaslskoy-bolezni-vladivak-la-sota-flakon-100doz-/ (Дата обращения 17.07.24).

4. Вакцина ИБК-ЩБК https://www.biocombinat.ru/catalog/11/210/ (Дата обращения 17.07.24).

5. Вирусвакцина из штамма «Винтерфилд 2512». https://new.uralbiovet.ru/1-1-virusvaktsina-protiv-infektsionnoj-bursal-noj-bolezni-ibb-bolezni-gamboro-iz-shtamma-vinterfild-2512-zhivaya/ (Дата обращения 17.07.24).

6. Определение вида *Escherichia coli:* проблемы таксономии и филогении / А. Н. Панин, А. В. Моторыгин, Н. С. Абросимова [и др.] // Аграрная наука. — 2025. — № 12. — С. 22—27. DOI 10.32634/0869-8155-2025-401-12-22-27.

REFERENCES

1. Vinokhodova M.V. Determination of the integral resistance of the organism by the coli-clearance method. Diss. Cand. of Veterinary Sciences, 2015, 120 p.

2. Vinokhodov V.O. Biotechnology for the prevention of colibacillosis in birds. — Supplement to volume 2 (49) of the «Archive of Veterinary Sciences». — St. Petersburg, Lomonosov, 2000, 597 p.

3. Vladislav-La-Sota. https://pettown.ru/catalog/veterinarnaya-apteka/vaktsiny-syvorotki-immunoglobuliny/virusvaktsina-sukhaya-protiv-nyukaslskoy-bolezni-vladivak-la-sota-flakon-100doz-/ (Accessed July 17, 2024).

4. IBK-ShchBK vaccine https://www.biocombinat.ru/catalog/11/210/ (Accessed July 17, 2024).

5. Virus vaccine from the Winterfield 2512 strain. https://new.uralbiovet.ru/1-1-virusvaktsina-protiv-infektsionnoj-bursal-noj-bolezni-ibb-bolezni-gamboro-iz-shtamma-vinterfild-2512-zhivaya/ (Accessed 17.07.24).

6. Definition of the species Escherichia coli: problems of taxonomy and phylogeny / A. N. Panin, A. V. Motorygin, N. S. Abrosimova [et al.] // Agrarian science. — 2025. — № 12. — P. 22—27. DOI 10.32634/0869-8155-2025-401-12-22-27.

УДК: 616.98:579.842.11-092:636.5.033
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.114

ДИАГНОСТИКА И ПРОФИЛАКТИКА БРУЦЕЛЛЁЗА СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ЯКУТИИ

Слепцов Е. С. [1]* — д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. лаборатории оленеводства и традиционных отраслей; **Алферов И. В.**[1] — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории селекции и разведения лошадей; **Корякина Л. П.** [2] — канд. ветеринар. наук, доц. зав. каф. физиологии с.-х. животных и экологии; **Саввинова М. С.**[2] — д-р ветеринар. наук, проф. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы и гигиены; **Нифонтов К. Р.**[2] — канд. ветеринар. наук, проректор по научной работе и инновациям АГАТУ.

[1]ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» — Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова.

[2]ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет».

*evgeniycemenovic@mail.ru

Ключевые слова: *бруцеллёз северных оленей, Республика Саха (Якутия), диагностика бруцеллёза, природные очаги, эпизоотология, оздоровление стад.*

Key words: *reindeer brucellosis, Republic of Sakha (Yakutia), brucellosis diagnosis, natural foci, epizootiology, herd sanitation.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье представлены результаты многолетнего (1958—2026 гг.) эпизоотологического мониторинга бруцеллёза северных оленей в Республике Саха (Якутия). Установлено, что регион остаётся стационарно неблагополучным по данной инфекции на протяжении более 60 лет. Первые плановые диагностические исследования начаты в 1958 г. в шести улусах, а к 1964 г. заболевание регистрировалось во всех оленеводческих хозяйствах. Выявлены основные факторы, поддерживающие циркуляцию возбудител. Показана динамика эпизоотической ситуации. В 2009 г. исследовано 136 662 головы (охват 73 %), выявлено 547 инфицированных животных (0,4 %). К 2010 г. число неблагополучных пунктов сократилось до 49. На февраль 2026 г. действует 13 неблагополучных пунктов, из которых 7 — по бруцеллёзу домашних северных оленей. Инфицированность варьирует по природно-климатическим зонам: в тундровой — 0,6—1,3 %, в горно-таёжной и лесотундровой — 0,1—2,2 %, в таёжной зоне случаи не регистрируются. Установлен профессиональный риск заражения. Среди оленеводов отдельных хозяйств серопозитивные лица составляли до 4,8 %. Успешное оздоровление неблагополучных пунктов в Булунском, Томпонском и Оленекском улусах достигнуто при комплексном подходе, включающем участие органов местного самоуправления, руководителей хозяйств и оленеводов. Несмотря на сокращение числа неблагополучных пунктов, бруцеллёз северных оленей в Якутии сохраняет эпизоотическую значимость вследствие функционирования природных очагов среди диких оленей, инфраструктурных ограничений и неполного охвата поголовья диагностическими исследованиями. Для достижения устойчивого благополучия требуется дальнейшее совершенствование системы мер, включая модернизацию коралей, оптимизацию логистики доставки препаратов и масштабирование эффективных диагностических схем.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Бруцеллёз северных оленей представляет собой одну из наиболее значимых хронических зооантропонозных проблем в арктических и субарктических регионах Российской Федерации, оказывающую многоплановое негативное воздействие на социально-экономическое развитие коренных народов [1, 2]. Данная инфекция, вызываемая бактериями рода Brucella, характеризуется персистентным течением, формированием стойких природных очагов и значительными экономическими потерями, обусловленными снижением продуктивности, репродуктивными нарушениями (аборты, яловость) и затратами на противоэпизоотические мероприятия [3—5].

Республика Саха (Якутия) является ключевым регионом отечественного оленеводства, где проблема бруцеллёза приобрела характер длительной, стационарной эпизоотии. Несмотря на более чем полувековую историю плановой борьбы с инфекцией, начатую в 1958 году, достичь устойчивого ветеринарного благополучия не удаётся [6, 7]. Как отмечают исследователи, эпизоотический процесс при бруцеллёзе северных оленей в условиях Якутии поддерживается комплексом взаимосвязанных факторов. К ним относятся особенности экстенсивной системы оленеводства (вольная случка, сезонные миграции, трудности изоляции), несвоевременная диагностика и убой инфицированных животных, постоянное пополнение стад восприимчивым молодняком, а также наличие обширных природных резервуаров инфекции среди популяций диких северных оленей, чьи пути миграции

и ареалы обитания пересекаются с пастбищами домашних стад [8—10].

Серологическая диагностика, оставаясь краеугольным камнем противоэпизоотических мероприятий, долгое время опиралась на ограниченный набор методов: реакцию агглютинации (РА), реакцию связывания комплемента (РСК) и роз-бенгал пробу (РБП) [11, 12]. Однако, как показали многолетние наблюдения, применение только этих тестов, особенно в условиях вакцинопрофилактики, не обеспечивает необходимой эффективности оздоровления стад. Основными лимитирующими факторами являются недостаточная чувствительность для выявления животных с латентными и хроническими формами инфекции, а также неспособность надёжно дифференцировать поствакцинальный иммунный ответ от гуморальных реакций при спонтанном заражении [13, 14]. В результате, часть инфицированных животных остаётся невыявленной и продолжает поддерживать циркуляцию возбудителя в популяции [15].

В последние десятилетия поиск решений этой проблемы пошёл по двум основным направлениям. Первое — внедрение более специфичных методов серодиагностики. Наиболее перспективной в этом отношении признана реакция иммунодиффузии с О-полисахаридным антигеном (РИД с О-ПС антигеном). Исследования, проведённые как в России, так и за рубежом, показали её высокую диагностическую ценность для выявления именно инфицированных животных, в то время как поствакцинальные антитела, особенно после применения инагглютиногенных вакцин, данную реакцию, как правило, не дают [16—18]. Второе направление — оптимизация схем специфической иммунопрофилактики с использованием вакцин, индуцирующих напряжённый иммунитет при минимальной агглютиногенности, таких как вакцины из штаммов *B. Abortus 82* и *B. abortus 75/79-AB* [19—21]. Комплексное применение этих инструментов теоретически позволяет разорвать эпизоотическую цепь, обеспечивая как защиту восприимчивого поголовья, так и точную идентификацию и удаление источников возбудителя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена в лаборатории оленеводства Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства (обособленное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН), в оленеводческих хозяйствах различных природно-климатических зон Республики Саха (Якутия), а также на базе Якутской республиканской ветеринарно-испытательной лаборатории. Объектами исследования служили домашние и дикие северные олени, а также лица из групп профессионального риска (оленеводы, ветеринарные специалисты) в период с 1958 по февраль 2026 года. В работе использован комплексный эпизоотологический подход, включающий ретроспективный и оперативный эпизоотологический анализ, описательно-исторический метод и метод эпизоотологического обследования. Проведён анализ показателей инфицированности животных в зависимости от ландшафтно-географических зон (тундровая, лесотундровая, горно-таёжная, таёжная). Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием методов вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Результаты многолетнего эпизоотологического мониторинга свидетельствуют о том, что устойчивое функционирование очагов бруцеллёза на территории Республики Саха (Якутия) детерминировано совокупностью природных и хозяйственных факторов. Поддержание активности эпизоотического процесса обеспечивается несвоевременной элиминацией источника инфекции, введением в оборот необследованного молодняка (в первую очередь важенок при воспроизводстве стада), а также продолжительным содержанием серопозитивных особей в группах, подлежащих убою. Дополнительным дестабилизирующим фактором выступает наличие устойчивых природных очагов в популяциях диких северных оленей, что обусловливает перманентное вовлечение диких животных в эпизоотический процесс и создаёт предпосылки для реинтродукции возбудителя в оздоравливаемые домашние стада [2].

Дикие северные олени выполняют функцию основного природного резервуара *Brucella*, обеспечивая автономную от домашнего оленеводства циркуляцию инфекции. Согласно литературным данным [1], инфицированность диких особей в отдельные периоды достигала 33,1—40 %, при этом бактериологическое подтверждение получено в 7,9 % случаев (по результатам исследования 291 пробы). Значительную роль в эпизоотологии заболевания играет устойчивость возбудителя во внешней среде: в условиях экстремально низких температур арктических и субарктических территорий его жизнеспособность в инфицированных тканях и абортированном материале сохраняется до 10–12 месяцев. Данный фактор существенно затрудняет разрыв эпизоотической цепи и способствует пролонгированной персистенции инфекции в северных ландшафтах.

Историко-эпизоотологический анализ свидетельствует о длительном и устойчивом неблагополучии территории Республики Саха (Якутия) по бруцеллёзу северных оленей. Инициация плановых диагностических исследований в 1958 г. на базе шести административных районов (Булунский, Верхоянский, Жиганский, Оленекский, Томпонский и Усть-Янский) позволила уже к 1964 г. установить повсеместное распространение инфекции в пределах всех оленеводческих хозяйств. Таким образом, продолжительность стационарного неблагополучия региона превышает шесть десятилетий.

В научной литературе [1, 7] подчёркивается, что бруцеллёзная инфекция у северных оленей выступает в роли лимитирующего фактора для развития оленеводческой отрасли, детерминируя не только существенные экономические потери, но и поддерживая потенциальную возможность

зооантропонозной передачи. Наибольшему риску инфицирования подвержены представители декретированных профессиональных групп — оленеводы, ветеринарные работники и персонал, занятый переработкой продукции оленеводства. В ряде хозяйств доля серопозитивных лиц среди оленеводов достигала 4,8 %. Согласно данным Роспотребнадзора за 2009 г., при обследовании 600 лиц из групп риска выявлено 15 случаев с положительными серологическими реакциями (2,5 %), причём отсутствие систематических медицинских осмотров в условиях выпаса способствовало латентной циркуляции возбудителя среди контингентов повышенного риска.

По состоянию на начало 2017 г. производственная структура отрасли включала 110 оленеводческих предприятий, объединявших 185 стад, с общей численностью занятого населения 2225 человек (403 семьи). Зарегистрированная профессиональная заболеваемость среди ветеринарных специалистов составила 65 случаев. В 2009 г. диагностическими исследованиями было охвачено 136 662 головы (73 % от общего поголовья), при этом уровень инфицированности среди обследованных животных зафиксирован на отметке 0,4 % (547 особей). Расширение объёмов диагностики на 50—60 тыс. голов в год позволило к концу 2010 г. снизить количество эпизоотических очагов до 49.

Актуальные данные Управления ветеринарии РС(Я) на февраль 2026 г. демонстрируют дальнейшую позитивную динамику: количество действующих неблагополучных пунктов сократилось до 13, из которых 7 классифицируются как неблагополучные по бруцеллёзу домашних северных оленей. Пространственный анализ инцидентности свидетельствует о дифференциации показателей в зависимости от природно-климатических зон: в тундре инфицированность варьирует в пределах 0,6—1,3 %, в горно-таёжных и лесотундровых ландшафтах — от 0,1 до 2,2 %, тогда как в таёжной зоне регистрация случаев заболевания не осуществляется. Выявленные тенденции указывают на снижение эпизоотического напряжения, однако сохранение природных очагов в популяциях диких оленей и миграционная активность животных обусловливают перманентный риск повторного заноса инфекции в домашние стада.

Многолетний опыт свидетельствует, что применение только традиционных ветеринарных мероприятий (диагностика в РБП, РА, РСК с последующей изоляцией и убоем реагирующих животных) в течение длительного времени не обеспечивает кардинального оздоровления стад. Винокуров Н. В. и соавт. подчёркивают ограниченную эффективность этих методов при латентных формах и в поствакцинальный период из-за перекрестных реакций и недостаточной чувствительности к ранним стадиям инфекции. Успешное оздоровление неблагополучных пунктов в Булунском, Томпонском и Оленекском улусах стало возможным только благодаря комплексному подходу, включающему активное участие глав муниципальных образований, руководителей хозяйств и самих оленеводов, что подчёркивает социально-организационный аспект проблемы.

В 2001—2010 гг. в Томпонском улусе успешно апробирована неабортогенная вакцина *B. abortus 75/79-AB*. Она демонстрирует высокую диагностическую ценность реакции непрямой гемагглютинации (РНГА) с эритроцитарным антигеном: она превосходит РА + РСК по чувствительности на 7,7—10,2 %, позволяет раньше выявлять инфицированных животных (в том числе на субклинических стадиях) и эффективно дифференцировать поствакцинальные реакции от инфекционных. Пероральный и конъюнктивальный методы введения вакцин снижают реактогенность, экономят препарат, минимизируют стресс у животных и сокращают сроки поствакцинальной серопозитивности, что даёт возможность проводить диагностику уже через 2 месяца после иммунизации, ускоряя цикл оздоровления.

К числу ключевых препятствий на пути к оздоровлению поголовья относится неразвитость приёмной и фиксационной инфраструктуры. Согласно данным учёта, на начало 2010 г. в регионе функционировало 248 коралей, из которых 32 объекта (12,9 %) находились в неудовлетворительном состоянии и требовали капитального ремонта, а ещё 20 сооружений были возведены до 1970 г. и морально устарели. Недостаточная обеспеченность современными коралями, необходимыми для массовых диагностических и ветеринарных обработок, в сочетании с экстремальными климатическими условиями (длительные периоды отрицательных температур, отсутствие круглогодичных наземных коммуникаций) и сложностями логистики приводят к тому, что в отдалённых арктических и субарктических стадах регулярно обследуется лишь 50—60 % животных.

Таблица 1 — Состояние фиксационной инфраструктуры (коралей) в оленеводческих хозяйствах Якутии

Table 1 — The state of the fixation infrastructure (corrals) in reindeer herding farms in Yakutia

Показатель	Количество (шт.)	Доля (%)
Всего коралей	248	100 %
В т.ч. в удовлетворительном состоянии	216	87,1 %
В неудовлетворительном состоянии (требуют капремонта)	32	12,9 %
Эксплуатируются с 1970-х гг. и ранее	20	8,1 %

Подобная ситуация не позволяет своевременно выявлять и элиминировать всех инфицированных особей, что способствует накоплению латентных форм инфекции и обусловливает сохранение риска повторных вспышек заболевания.

Таким образом, проведённые исследования и анализ многолетних данных показывают, что несмотря на достигнутое снижение напряжённости эпизоотического процесса за счёт внедрения РИД, РНГА и слабоагглютиногенных вакцин, бруцеллёз северных оленей в Якутии сохраняет актуальность как многофакторная проблема. Природные очаги среди диких оленей, неполный охват диагностикой, инфраструктурные ограничения и логистические трудности продолжают поддерживать риск рецидивов и реинфекции. Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшего совершенствования комплексной системы мер, включая масштабирование успешных схем диагностики и иммунопрофилактики, целевое инвестирование в ветеринарную инфраструктуру (строительство и модернизация коралей), оптимизацию логистики доставки препаратов и специалистов, а также усиление межведомственного взаимодействия и просветительской работы среди оленеводов для достижения устойчивого эпизоотического благополучия в масштабах всей республики.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведённый анализ эффективности противоэпизоотических мероприятий позволяет заключить, что одним из ключевых дестабилизирующих факторов, препятствующих оздоровлению поголовья северных оленей от бруцеллёза в Республике Саха (Якутия), является неудовлетворительное состояние фиксационной инфраструктуры. Дефицит современных коральных сооружений, предназначенных для проведения диагностических исследований, вакцинации и других ветеринарных обработок, выступает существенным ограничителем качества и полноты противоэпизоотической работы.

Согласно данным инвентаризации, по состоянию на 1 января 2010 г. в распоряжении оленеводческих хозяйств республики находилось 248 коралей. Из общего количества 20 объектов эксплуатировались с периода до 1970 г. и располагались на территории Аллаиховского, Булунского, Верхнеколымского, Верхоянского, Момского, Нижнеколымского, Оймяконского, Томпонского и Усть-Янского улусов. Техническое состояние 216 сооружений оценивалось как удовлетворительное, тогда как 32 кораля находились в неудовлетворительном состоянии и требовали проведения капитального ремонта либо полной замены ввиду непригодности к эксплуатации.

Проблема усугубляется тем, что значительная часть устаревших и аварийных объектов инфраструктуры расположена в арктических и субарктических районах, что существенно затрудняет реализацию плановых ветеринарно-санитарных мероприятий. По состоянию на 2025—2026 гг. ситуация сохраняет свою остроту: значительная часть коралей по-прежнему требует модернизации, а строительство новых объектов остаётся недостаточно финансируемым. Это закономерно приводит к неполному охвату поголовья диагностическими исследованиями и вакцинацией в арктических районах.

Дополнительные трудности связаны с логистическим обеспечением. Доставка медикаментов, вакцин, диагностических наборов и ветеринарных специалистов в оленеводческие стойбища крайне затруднена из-за отсутствия круглогодичных транспортных путей, экстремальных климатических условий и значительной удалённости хозяйств. Вследствие этого охват поголовья диагностическими исследованиями в отдалённых хозяйствах часто не превышает 50—70 %, что создаёт условия для накопления латентных форм инфекции и периодического возникновения рецидивов эпизоотии.

Перечисленные инфраструктурные и логистические ограничения обусловливают сохранение напряжённой эпизоотической ситуации по бруцеллёзу в регионе. Функционирование природных очагов инфекции, резервуаром которых выступают популяции диких и домашних северных оленей, создаёт устойчивую угрозу циркуляции возбудителя. Ситуация усугубляется неполным охватом поголовья диагностикой и несвоевременной выбраковкой серопозитивных животных. При этом дикие олени, выполняя роль основного природного резервуара *Brucella*, обусловливают перманентный риск реинтродукции патогена в благополучные стада домашних оленей, что особенно актуально в зонах пересечения ареалов выпаса и путей сезонных миграций.

Вместе с тем следует отметить позитивные сдвиги в эпизоотическом мониторинге, выразившиеся в сокращении количества неблагополучных пунктов с 49 в 2010 г. до 13 в период 2025—2026 гг. (из них 7 неблагополучны по бруцеллёзу домашних оленей). Однако полной элиминации инфекции достичь не удаётся: очаги сохраняют активность на территории Булунского, Аллаиховского, Момского, Жиганского, Оленекского, Нижнеколымского и других арктических и субарктических улусов. Согласно данным Управления ветеринарии РС(Я) за 2025 г., показатели инфицированности животных дифференцированы по ландшафтно-географическим зонам: в тундровой зоне они составляют 0,6—1,3 %, в горно-таёжной и лесотундровой зонах колеблются от 0,1 до 2,2 %.

Таким образом, сохраняющаяся напряжённость эпизоотической ситуации по бруцеллёзу северных оленей в Республике Саха (Якутия) обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов: неудовлетворительным состоянием фиксационной инфраструктуры, логистическими ограничениями, приводящими к низкому охвату поголовья диагностикой, и наличием природных очагов в популяциях диких оленей, обеспечивающих автономную циркуляцию возбудителя. Рекомендуется разработка и утверждение оптимальной схемы применения этих вакцин и интеграцию с высокочувствительными методами поствакцинальной диагностики.

DIAGNOSTICS AND PREVENTION OF REINDEER BRUCELLOSIS IN YAKUTIA

Sleptsov E. S.[1]* — D. Sc. (Veterinary Science), Chief Researcher of the Laboratory of Reindeer Herding and Traditional Industries; **Alferov I. V.**[1] — PhD (Agricultural Science), Senior Researcher of the Laboratory of Selection and Breeding of Horses; **Koryakina L. P.**[2] — PhD (Veterinary Science), Associate Professor, Head of the Department of Physiology of Agricultural Animals and Ecology; **Savvinova M. S.**[2] — D.Sc. (Veterinary Science), Professor of the Department of Veterinary-Sanitary Expertise and Hygiene; **Nifontov K. R.**[2] — PhD (Veterinary Science), Vice-Rector for Research and Innovation, Astrakhan State Agrarian University.

ABSTRACT. *This article presents the results of long-term (1958–2026) epizootological monitoring of brucellosis in reindeer in the Republic of Sakha (Yakutia). It was established that the region has remained consistently unfavorable for this infection for over 60 years. The first routine diagnostic studies began in 1958 in six uluses, and by 1964, the disease was being recorded in all reindeer herding farms. The main factors maintaining the circulation of the pathogen were identified. The dynamics of the epizootic situation are shown. In 2009, 136,662 animals were tested (73 % coverage), and 547 infected animals (0,4 %) were identified. By 2010, the number of affected areas had decreased to 49. As of February 2026, there were 13 affected areas, 7 of which were for brucellosis in domestic reindeer. Infection rates vary by natural and climatic zone: 0,6—1,3 % in the tundra, 0,1—2,2 % in the mountain-taiga and forest-tundra, and no cases have been recorded in the taiga zone. An occupational risk of infection has been established. Among reindeer herders on some farms, seropositive individuals accounted for up to 4,8 %. Successful rehabilitation of affected areas in the Bulunsky, Tomponsky, and Olenyoksky uluses was achieved through a comprehensive approach, including the participation of local governments, farm managers, and reindeer herders. Despite the reduction in the number of affected areas, reindeer brucellosis in Yakutia remains an epizootic concern due to the presence of natural foci among wild reindeer, infrastructure limitations, and insufficient diagnostic testing. Achieving sustainable disease control requires further improvement of the system of measures, including modernization of corrals, optimization of drug delivery logistics, and scaling up of effective diagnostic procedures.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров Н. В., Гулюкин А. М., Лайшев К. А., Слепцов Е. С., Федоров В. И., Искандаров М. И., Федоров А. И. Диагностика бруцеллеза северных оленей в условиях Крайнего Севера Российской Федерации: Монография. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2017. 236 с.

2. Забродин В. А. Бруцеллез северных оленей. Новосибирск: Наука, 1973. 200 с.

3. Пинигин А. Ф. Бруцеллез северных оленей. М.: Колос, 1971. 168 с.

4. Godfroid J., Cloeckaert A., Liautard J.-P., et al. From the discovery of the Malta fever's agent to the discovery of a marine mammal reservoir, brucellosis has continuously been a re-emerging zoonosis // Veterinary Research. 2005. Vol. 36. P. 313—326.

5. Евдокимова О. В., Шумилов К. В. Экономический ущерб от бруцеллёза сельскохозяйственных животных и эффективность противоэпизоотических мероприятий // Ветеринария. 2018. № 11. С. 3—8.

6. Хоч А. А. Эпизоотология бруцеллеза северных оленей в Якутии и совершенствование мер борьбы: Автореф. дис. … д-ра вет. наук. Якутск, 1996. 45 с.

7. Лайшев К. А., Винокуров Н. В., Слепцов Е. С. Современное состояние и проблемы борьбы с бруцеллезом северных оленей в Республике Саха (Якутия) // Аграрная наука. 2015. № 6. С. 28—30.

8. Голосов И. М., Забродин В. А. К диагностике бруцеллеза северных оленей // Ветеринария. 1960. № 12. С. 28—30.

9. Винокуров И. Е., Слепцов Е. С., Корякина Л. П., Саввинова М. С., Алферов И. В. Эпизоотическая ситуация по сибирской язве и некробактериозу северных оленей в республике Саха (Якутия). Международный вестник ветеринарии. 2025;(4):39—46. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.4.39

REFERENCES

1. Vinokurov N. V., Gulyukin A. M., Lajshev K. A., Slepcov E. S., Fedorov V. I., Iskandarov M. I., Fedorov A. I. Diagnostika brucelleza severnyh olenej v usloviyah Krajnego Severa Rossijskoj Federacii: Monografiya. Novosibirsk: Izd. ANS «SibAK», 2017. 236 p.

2. Zabrodin V. A. Brucellez severnyh olenej. Novosibirsk: Nauka, 1973. 200 p.

3. Pinigin A. F. Brucellez severnyh olenej. M.: Kolos, 1971. 168 p.4.

4. Godfroid J., Cloeckaert A., Liautard J.-P., et al. From the discovery of the Malta fever\'s agent to the discovery of a marine mammal reservoir, brucellosis has continuously been a re-emerging zoonosis // Veterinary Research. 2005. Vol. 36. P. 313—326.

5. Evdokimova O. V., Shumilov K. V. Ekonomicheskij ushcherb ot brucellyoza sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i effektivnost' protivoepizooticheskih meropriyatij // Veterinariya. 2018. № 11. P. 3—8.

6. Hoch A. A. Epizootologiya brucelleza severnyh olenej v Yakutii i sovershenstvovanie mer bor'by: Avtoref. dis. … d-ra vet. nauk. Yakutsk, 1996. 45 p.

7. Lajshev K. A., Vinokurov N. V., Slepcov E. S. Sovremennoe sostoyanie i problemy bor'by s brucellezom severnyh olenej v Respublike Saha (Yakutiya) // Agrarnaya nauka. 2015. № 6. P. 28—30.

8. Golosov I. M., Zabrodin V. A. K diagnostike brucelleza severnyh olenej // Veterinariya. 1960. № 12. P. 28—30.

9. Vinokurov I. E., Slepcov E. S., Koryakina L. P., Savvinova M. S., Alferov I. V. Epizooticheskaya situaciya po sibirskoj yazve i nekrobakteriozu severnyh olenej v respublike Saha (Yakutiya). Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. 2025;(4):39—46. DOI:10.52419/issn2072-2419.2025.4.39

10. Диков Г. Г., Ревин Ю. П. Роль диких северных оленей в эпизоотологии бруцеллеза на Крайнем Севере // Бюллетень ВНИИЖ. 1989. № 68. С. 45—49.

11. Ощепков В. Г. Серологическая диагностика бруцеллеза животных: современное состояние и перспективы // Ветеринарная патология. 2004. № 3 (10). С. 22—29.

12. Опыт применения ассоциированной вакцины против сибирской язвы и некробактериоза северных оленей в Якутии / И. Е. Винокуров, Е. С. Слепцов, И. В. Алферов [и др.] // Ветеринария и кормление. — 2025. — № 6. — С. 20—23. DOI 10.30917/TT-VK-1814-9588-2025-6-5. EDN MOUHBS.

13. Чекишев В. М., Димов С. К., Стеблева Г. М. Реакция иммунодиффузии с О-полисахаридным антигеном в дифференциальной диагностике бруцеллеза // Ветеринария. 1993. № 4. С. 23—25.

14. Nielsen K., Gall D., Jolley M., et al. A homogeneous fluorescence polarization assay for detection of antibody to Brucella abortus // Journal of Immunological Methods. 1996. Vol. 195 (1—2). P. 161—168.

15. Винокуров, Н. В. Испытание чувствительности РИД с ОПС антигеном в неблагополучных по бруцеллезу оленеводческих хозяйствах / Н. В. Винокуров, Е. С. Слепцов, И. В. Алферов // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2025. — № 4. — С. 55—58. DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.4.55. EDN AMPLXW.

16. Diaz R., Jones L.M., Leong D., Wilson J. B. Surface antigens of smooth brucellae // Journal of Bacteriology. 1968. Vol. 96. P. 893—901.

17. Bundle D. R., Cherwonogrodzky J. W., Perry M. B. Structural elucidation of the *Brucella melitensis* M-antigen by high-resolution NMR at 500 MHz // Biochemistry. 1987. Vol. 26. P. 8717—8726.

18. Стеблева Г. М., Димов С. К., Чекишев В. М. Применение О-полисахаридного антигена бруцелл для дифференциальной диагностики // Ветеринария. 1998. № 9. С. 18—21.

19. Вашкевич Р. Б., Касьянов И. А. Иммуногенность вакцины из штамма *Brucella abortus 82* для северных оленей // Ветеринария. 1983. № 12. С. 31—33.

20. Хоч А. А., Слепцов Е. С., Кобяков Н. Т. Результаты испытания вакцины из штамма *B. abortus 82* на северных оленях // Научные ведомости Якутской ГСХА. 2005. Вып. 12. С. 45—50.

21. Фомин А. М., Салмаков К. М. Вакцина из штамма *Brucella abortus 75/79-AB* для специфической профилактики бруцеллеза крупного рогатого скота // Ветеринария. 1991. № 2. С. 24—26.

10. Dikov G. G., Revin Yu. P. Rol’ dikih severnyh olenej v epizootologii brucelleza na Krajnem Severe // Byulleten’ VNIIZh. 1989. № 68. P. 45—49.

11. Oshchepkov V. G. Serologicheskaya diagnostika brucelleza zhivotnyh: sovremennoe sostoyanie i perspektivy // Veterinarnaya patologiya. 2004. № 3 (10). P. 22—29.

12. Opyt primeneniya associirovannoj vakciny protiv sibirskoj yazvy i nekrobakterioza severnyh olenej v Yakutii / I. E. Vinokurov, E. S. Slepcov, I. V. Alferov [i dr.] // Veterinariya i kormlenie. — 2025. — № 6. — S. 20—23. DOI 10.30917/TT-VK-1814-9588-2025-6-5. EDN MOUHBS.

13. Chekishev V. M., Dimov S. K., Stebleva G. M. Reakciya immunodiffuzii s O—polisaharidnym antigenom v differencial’noj diagnostike brucelleza // Veterinariya. 1993. № 4. P. 23—25.

14. Nielsen K., Gall D., Jolley M., et al. A homogeneous fluorescence polarization assay for detection of antibody to Brucella abortus // Journal of Immunological Methods. 1996. Vol. 195 (1—2). P. 161—168.

15. Vinokurov, N. V. Ispytanie chuvstvitel’nosti RID s OPS antigenom v neblagopoluchnyh po brucellezu olenevodcheskih hozyajstvah / N. V. Vinokurov, E. S. Slepcov, I. V. Alferov // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. — 2025. — № 4. — S. 55—58. DOI 10.52419/issn2782-6252.2025.4.55. EDN AMPLXW.

16. Diaz R., Jones L.M., Leong D., Wilson J.B. Surface antigens of smooth brucellae // Journal of Bacteriology. 1968. Vol. 96. P. 893—901.

17. Bundle D. R., Cherwonogrodzky J. W., Perry M. B. Structural elucidation of the Brucella melitensis M-antigen by high—resolution NMR at 500 MHz // Biochemistry. 1987. Vol. 26. P. 8717—8726.

18. Stebleva G. M., Dimov S. K., Chekishev V. M. Primenenie O-polisaharidnogo antigena brucell dlya differencial’noj diagnostiki // Veterinariya. 1998. № 9. P. 18—21.

19. Vashkevich R.B., Kas’yanov I.A. Immunogennost’ vakciny iz shtamma Brucella abortus 82 dlya severnyh olenej // Veterinariya. 1983. № 12. P. 31—33.

20. Hoch A. A., Slepcov E. S., Kobyakov N. T. Rezul’taty ispytaniya vakciny iz shtamma B.abortus 82 na severnyh olenyah // Nauchnye vedomosti Yakutskoj GSHA. 2005. Vyp. 12. P. 45—50.

21. Fomin A. M., Salmakov K. M. Vakcina iz shtamma *Brucella abortus 75/79-AV* dlya specificheskoj profilaktiki brucelleza krupnogo rogatogo skota // Veterinariya. 1991. № 2. P. 24—26.

ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ, ФАРМАЦИЯ

УДК: 615.284:636.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.120

СЕЛЕКТИВНАЯ ДЕГЕЛЬМИНТИЗАЦИЯ ЛОШАДЕЙ КАК СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПАРАЗИТОВ К АНТИГЕЛЬМИНТИКАМ

Гаврилова Н. А. * — д. ветеринар. наук, профессор, проф. каф. паразитологии им. В. Л. Якимова (ORCID 0000-0001-5651-5976); ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*nadezhda.gavrilova65@mail.ru.

Ключевые слова: *гельминты, лошади, антигельминтики, резистентность, селективная дегельминтизация.*

Key words: *worms, horses, anthelmintics, resistance, selective deworming.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье рассматривается актуальная проблема развития устойчивости паразитов к антигельминтикам и предлагаются меры по ее предотвращению. Анализ литературных данных показал, что резистентность паразитов формируется вследствие чрезмерного и некорректного применения препаратов, а также под влиянием их генетических особенностей. Действующие ветеринарные нормы не обеспечивают должной системности в борьбе с гельминтозами, что диктует необходимость научной оценки применяемых стратегий. Результаты исследования 2023—2025 гг. свидетельствуют о высокой распространенности гельминтов у лошадей в Северо-Западном экономическом районе, где препаратами выборы для дегельминтизации являются макроциклические лактоны. Массовое применение одних и тех же групп антигельминтиков и субъективный подход к определению массы животных значительно повышают риск развития резистентности. В связи с этим предлагается перейти к более рациональному подходу — селективной дегельминтизации, основанной на диагностике и регулярном мониторинге экстенсивности и интенсивности инвазии проведением FECRT (Faecal Egg Count Reduction Test) при подозрении на неэффективность обработок. Такой подход позволит снизить селективное давление на популяции паразитов и замедлить процесс формирования устойчивости. Основа стратегии предотвращения резистентности к антигельминтикам — это диагностически-ориентированный подход. Необходимо выявлять «супер-продуцентов», так как около 20 % лошадей выделяют 80 % яиц и дегельминтизировать этих животных, проводить регулярный мониторинг интенсивности инвазии, используя FEC тест с целью выявления лошадей, выделяющих яйца гельминтов выше порогового значения (200 яиц/г параскарид и 500 яиц/г — стронгилид). Анализ фекалий следует проводить 4—6 раз в год. Для жеребят селективная дегельминтизация может быть рискованной, так как параскариды у молодняка при высокой интенсивности инвазии вызывают обтурационную непроходимость. В хозяйствах, неблагополучных по параскариозу, для предотвращения острых случаев и гибели животных следует проводить дегельминтизацию даже при низких показателях яиц в фекалиях. В случае необходимости проведения ротации препаратов необходимо учитывать их механизм действия и принадлежность к фармакологической группе.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Актуальность проблемы устойчивости паразитов к химиотерапевтическим средствам неуклонно растет. Резистентность к антигельминтикам, хоть и не так широко обсуждается, как антибиотикорезистентность, является серьезной глобальной проблемой. Традиционные методы, включающие чрезмерное использование антигельминтиков и лечение по графику без диагностического подтверждения, больше не способны предотвратить развитие резистентности. На сегодняшний день подтверждена устойчивость циатостоминов и параскарид лошадей к бензимидазолам и пирантелу. Имеются сведения о резистентности параскарид к макроциклическим лактонам [1, 3, 10].

Предрасполагающие факторы для развития АГР — частая дегельминтизация, недостаточная дозировка препарата, генетика паразита [3, 4, 8].

Механизмы резистентности многогранны. Препарат становится неэффективным из-за усиления эффлюкса, когда повышенная активность транспортных белков (например, Р-гликопротеинов) позволяет паразитам быстрее «выкачивать» лекарственное вещество из клеток, снижая его концентрацию до безопасного уровня.

Метаболическая резистентность приводит к увеличению активности ферментов (цитохромов Р450, эстераз, глутатион-S-трансфераз), которые

расщепляют или нейтрализуют действующее вещество препарата.

Частое применение антигельминтика приводит к изменению мишеней действия. Мутации в генах паразитов меняют структуру рецепторов или ферментов, на которые воздействует препарат (например, ацетилхолинэстераза или ГАМК-рецепторы), из-за чего лекарство перестает связываться с ними.

Кроме того, происходит снижение экспрессии мишеней. Паразиты уменьшают количество рецепторов, к которым чувствителен препарат, что снижает эффективность лекарственного воздействия.

Эти процессы селектируются при частом использовании одних и тех же препаратов, что приводит к выживанию наиболее приспособленных особей и передаче устойчивости потомству [5, 9, 11].

Существует несколько типов антигельминтной резистентности. Перекрестная резистентность паразита — это способность переносить терапевтические дозы антигельминтных препаратов, не связанных между собой химически, или препаратов с различными механизмами действия [1, 7].

Побочная резистентность — это резистентность к одному антигельминтному препарату обусловлена селекцией другим антигельминтным препаратом, имеющим сходный механизм действия. Резистентность к бензимидазольным антигельминтным препаратам рассматривается как пример побочной резистентности.

Множественная резистентность — это развитие резистентности к двум или более антигельминтным препаратам со сходным или различным механизмом действия либо в результате селекции каждой группы независимо, либо в результате побочной резистентности [4, 6].

Время, необходимое для развития устойчивости к антигельминтному препарату с момента его внедрения, составляет менее 10 лет.

Анализ нормативных документов, таких как «Ветеринарные правила содержания лошадей» и «Ветеринарные правила перемещения спортивных лошадей», выявляет недостаточную системность в подходах к борьбе с гельминтами. В то время как правила содержания лошадей отсылают к более широкому спектру ветеринарных и региональных мер, правила перемещения спортивных лошадей ограничивают требования к дегельминтизации только случаями транспортировки. Следовательно, существует острая необходимость в оценке существующих стратегий борьбы с гельминтами с точки зрения их научной обоснованности [2, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В период с 2023 по 2025 год определяли распространение гельминтозов у лошадей и проводили анализ действующих противопаразитарных мероприятий в конноспортивных клубах (КСК) Ленинградской, Псковской и Новгородской областей. В Ленинградской области было обследовано 348 лошадей, в Псковской — 65, а в Новгородской — 43.

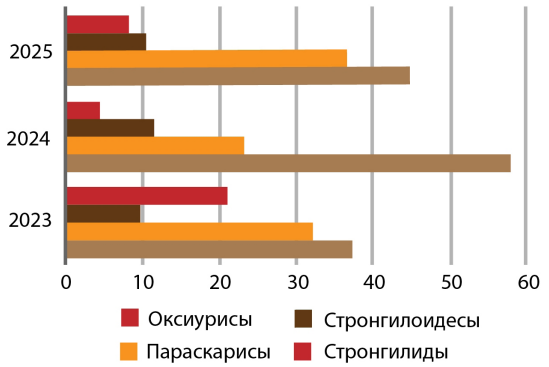


Рисунок 1 *— Экстенсивность инвазии лошадей в КСК Ленинградской области, % (период 2023—2025 гг.).*

Figure 1 *— Extensiveness of horse infestation in equestrian centers of the Leningrad Region, % (period 2023—2025).*

Анализ образцов фекалий проводили в лаборатории кафедры паразитологии им. В. Л. Якимова ФГБОУ ВО СПбГУВМ. Для выявления возбудителей гельминтозов использовали метод Дарлинга с универсальной флотационной жидкостью и метод культивирования личинок по Петрову и Гагарину. Для диагностики оксиуроза применяли метод соскоба с перианальных складок с использованием прозрачной клейкой ленты. Методом световой микроскопии при помощи микроскопа Primo Star Zeizz (Германия), оснащенного цифровой камерой Axiocam 105 coor, Zeizz идентифицировали яйца гельминтов и проводили подсчет их количества в фекалиях животных после дегельминтизации по формуле: $X = N/M \times K$, где: X — количество яиц в 1 г фекалий; N — общее число яиц на препарате; K – коэффициент для гельминтологической петли, равный 6,25; M – масса пробы. Методом световой микроскопии при помощи микроскопа Primo Star Zeizz (Германия), оснащенного цифровой камерой Axiocam 105 coor, Zeizz. Статистическую обработку полученного цифрового материала проводили путем применения критерия достоверности по Стьюденту, математический расчет которого осуществляли на ПК с использованием программного обеспечения «Microsoft Office 2019».

С целью выявления предрасполагающих факторов возникновения АГР анализировали информацию о сроках, кратности, используемых антигельминтиках, указанную в ветеринарных свидетельствах лошадей.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В конноспортивных клубах, расположенных на территории Северо-западного экономического района (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) копрологическими методами установили гельминтофауну лошадей, которая представлена нематодами желудочно-кишечного тракта подотряда *Strongylata* (преимущественно р. *Trichonema*), р. *Parascaris*, р. *Strongyloides* и р. *Oxyuris*.

Установили, что в КСК плановую дегельминтизацию проводят для всего поголовья одновременно, не реже 2-х раз в год. Жеребятам назначают

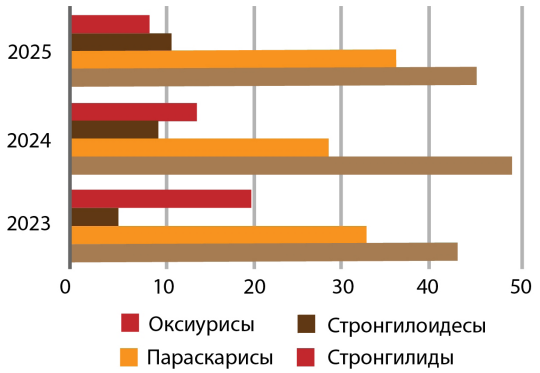


Рисунок 2 *— Экстенсивность инвазии лошадей в КСК Псковской области, % (период 2023—2025 гг.).*

Figure 2 *— Extensiveness of horse infestation in equestrian centers of the Pskov region, % (period 2023—2025).*

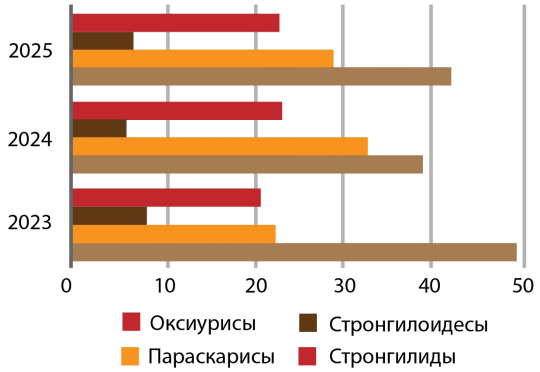


Рисунок 3 *— Экстенсивность инвазии лошадей в КСК Новгородской области, % (период 2023—2025 гг.).*

Figure 3 *— Extensiveness of horse infestation in equestrian centers of the Novgorod region, % (period 2023—2025).*

антигельминтики с 6-недельного возраста. Взрослым животным схема дегельминтизации и дозировка препаратов рассчитывается индивидуально. Несмотря на систематическую обработку лошадей антигельминтными препаратами, эпизоотическая ситуация по нематодозам оставалась неизменной на протяжение трех лет. Экстенсивность инвазии (ЭИ) лошадей в конноспортивных клубах за период с 2023 по 2025 гг. представлена на рисунках 1—3.

Анализ практики ветеринарных врачей выявил, что макроциклические лактоны являются наиболее предпочтительными терапевтическими препаратами, используемыми более 80 % специалистов. Длительное применение антигельминтиков, содержащих в качестве действующих веществ макроциклические лактоны, снижает качество проведенных мероприятий. Данные по количественному содержанию яиц нематод до и после проведения дегельминтизации лошадей препаратами, содержащими ивермектин, представлены в таблице 1.

Высокая востребованность макроцеклических лактонов оправдывает их назначение, так как, гельминтофауна представлена преимущественно нематодами, но порождает опасения относительно потенциального развития резистентности при их интенсивном использовании. Ротационные схемы дегельминтизации, как правило, включают препараты одной группы (замена действующего вещества группы макроциклических лактонов, например, ивермектин заменяют на аверсектин).

Анализ методов определения массы тела лошадей для расчёта дозировки антигельминтиков свидетельствует о преобладании субъективной визуальной оценки. Данная эмпирическая практика, несмотря на свою распространённость, сопряжена с высокой вероятностью ошибок в дозировании, потенциально приводящих к субоптимальному или токсическому уровню препарата.

Проведение массовой профилактической обработки способствует развитию резистентности к антигельминтикам у гельминтов.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. На основе эпизоотологических данных (2023—2025 гг.) показана неэффективность текущей стратегии дегельминтизации лошадей «массовых обработок» на примере стабильно высокой экстенсивности инвазии (ЭИ) в течение трех лет, несмотря на регулярное применение препаратов. Это служит косвенным, но важным доказательством либо низкой эффективности лечения, либо быстрой реинвазии, что обосновывает необходимость смены самой концепции лечения. Основа стратегии предотвращения резистентности к антигельминтикам — диагностически-ориентированный подход. Необходимо выявлять «супер-продуцентов», так как около 20 % лошадей выделяют 80 % яиц и дегельминтизировать этих животных. Перед дегельминтизацией проводить регулярный мониторинг ин-

Таблица 1 — Результаты контроля качества дегельминтизации лошадей в КСК препаратами, содержащими ивермектин (октябрь, 2025 г.)

Table 1 — Results of quality control of deworming of horses in the equestrian center with drugs containing ivermectin (October 2025)

Расположение КСК, область	Среднее количество яиц п/отр. *Strongylida* в г/фек.		Среднее количество яиц *Parascaris* в г/фек.	
	До дегельминтизации	После дегельминтизации на 10 сутки	До дегельминтизации	После дегельминтизации на 10 сутки
Ленинградская	586,7±19,5	73,5±6,5	289,3±8,4	41,9±5,8
Псковская	654,4±21,4	93,5±7,3	365,9±14,7	33,4±3,2
Новгородская	464,4±18,1	65,8±4,4	347,6±15,6	28,4±4,5

тенсивности инвазии, используя FEC тест с целью выявления лошадей, выделяющих яйца гельминтов выше порогового значения (200 яиц/г параскарид и 500 яиц/г — стронгилид). Анализ фекалий следует проводить 4—6 раз в год. Для жеребят селективная дегельминтизация может быть рискованной, так как параскариды у молодняка при высокой интенсивности инвазии вызывают обтурационную непроходимость. В хозяйствах, неблагополучных по параскариозу, для предотвращения острых случаев и гибели животных следует проводить дегельминтизацию даже при низких показателях яиц в фекалиях. В случае необходимости проведения ротации препаратов необходимо учитывать их механизм действия и принадлежность к фармакологической группе.

Переход к селективной дегельминтизации позволит сократить общее применение антигельминтиков в популяции лошадей. Это, в свою очередь, снизит селективное давление на популяции гельминтов, благоприятствуя сохранению более чувствительных к препаратам особей. Такой метод способствует замедлению или даже полной остановке процесса развития резистентности паразитов к существующим лекарственным средствам.

Важно отметить, что успешное внедрение селективной дегельминтизации требует не только точной диагностики, но и грамотного подбора препаратов, а также строгого соблюдения схем лечения. Комплексный подход, включающий мониторинг эффективности препаратов и своевременную ротацию антипаразитарных средств, является неотъемлемой частью данной стратегии, обеспечивая долгосрочную защиту здоровья лошадей от паразитарных инвазий и сохраняя эффективность терапевтических мер.

SELECTIVE DEWORMING OF HORSES AS A METHOD TO PREVENT PARASITE RESISTANCE TO ANTHELMINTICS

Gavrilova N. A. * — D. vet. Sc., professor, prof. department parasitology named after V. L. Yakimov (ORCID 0000-0001-5651-5976); FSBEIHE «Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine».

* nadezhda.gavrilova65@mail.ru.

ABSTRACT. *The article discusses the current problem of parasite resistance to anthelmintics and proposes measures to prevent it. An analysis of the literature data showed that parasite resistance is formed due to excessive and incorrect use of drugs, as well as under the influence of their genetic characteristics. The current veterinary regulations do not provide sufficient systematization in the fight against helminthiasis, which necessitates a scientific assessment of the applied strategies. The results of the 2023—2025 study indicate a high prevalence of helminths in horses in the North-Western Economic Region, where macrocyclic lactones are the preferred drugs for deworming. The widespread use of the same groups of anthelmintics and a subjective approach to determining animal weight significantly increase the risk of resistance development. In this regard, it is proposed to switch to a more rational approach — selective deworming, based on diagnostics and regular monitoring of the extensiveness and intensity of the invasion by conducting FECRT (Faecal Egg Count Reduction Test) when the ineffectiveness of treatments is suspected. This approach will reduce the selective pressure on the parasite populations and slow down the process of the formation of resistance. The basis of the strategy to prevent resistance to anthelmintics is a diagnostic-oriented approach. It is necessary to identify «super-producers», as about 20 % of horse's produce 80 % of the eggs, to deworm these animals, and to regularly monitor the intensity of the infestation using the FEC test to identify horses that produce more than the threshold value of eggs (200 eggs/g for parascarids and 500 eggs/g for strongylides). Fecal analysis should be carried out 4—6 times a year. Selective deworming may be risky for foals, as parascarids can cause obstructive ileus in young animals with high infection rates. In farms with a high prevalence of parascaridiasis, deworming should be performed even at low egg counts in feces to prevent acute cases and animal deaths. When rotating drugs, it is important to consider their mechanism of action and pharmacological group.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арисов, М. В. Риск развития резистентности к антигельминтным препаратам у стронгилид лошадей Московской области / М. В. Арисов, О. А. Панова, М. В. Баранова, Н. Ю. Сысоева, И. Г. Гламаздин, А. В. Трофимова // Журнал Ветеринария. — 2022. — № 5. — С. 39—44.

2. Домацкий, В. Н. Распространение, терапия и профилактика гельминтозов лошадей в Российской Федерации// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2021. — № 3 (89). — С. 196—199.

3. Кармалиев, Р. С., Байтуганов Б. А. Антигельминтная резистентность возбудителей стронгилятозов пищеварительного тракта жвачных в регионе Западного Казах-

REFERENCES

1. Arisov, M. V. Risk of developing resistance to anthelmintic drugs in Strongylid horses of the Moscow Region / M. V. Arisov, O. A. Panova, M. V. Baranova, N. Yu. Sysoeva, I. G. Glamazdin, and A.V. Trofimova // Veterinary Journal. — 2022. — No. 5. — P. 39—44.

2. Domatsky, V. N. Distribution, therapy and prevention of helminthiasis of horses in the Russian Federation // Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University. — 2021. — No. 3 (89). — P. 196—199.

3. Karmaliev, R. S., Baituganov B. A. Anthelmintic resistance of the causative agents of strongylatoses of the digestive tract of ruminants in the region of Western

стана// Рос. паразитологический журнал. — 2013. — № 1. — С. 85—88.

4. Забровская, А. В. Устойчивость гельминтов к антигельминтикам: механизм, методы детекции, способы предотвращения резистентности / А. В. Забровская, Л. М. Белова, Н. А. Гаврилова // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. — 2023. — № 2(58). — С. 42—48.

5. Baranova, M. V., Panova, O. A., Polukhina, D. N., Panova, D. S. Reduction of the nematode egg—reappearance period in horses after anthelmintic therapy // Veterinary World. — 2022. — 15(6). — P. 1530—1534. DOI: 10.14202/vetworld.2022.1530-1534.

6. Boersema, J. H. Apparent resistance of Parascaris equorum to macrocylic lactones / J. H. Boersema, Eysker M., Nas J. W. M.//Vet. Rec. — 2002. — № 150. — P. 279—281. DOI: 10.1136/vr.150.9.279.

7. Coles, G. C. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance / Bauer, C., Borgsteede, F. H., Geerts, S., Klei, T. R., Taylor, M. A., Waller, P. J. // Veterinary Parasitology. — 1992. — № 44. — P. 35—44. DOI: 10.1016/0304-4017(92)90141-u.

8. Kaplan R. M., Denwood M. J., Nielsen M. K., Thamsborg S. M., Torgerson P. R., Gilleard J. S. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guideline for diagnosing anthelmintic resistance using the faecal egg count reduction test in ruminants, horses and swine// Veterinary Parasitology, 2023. — V. 318.—109936. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.109936.

9. Lester, H. E. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England / Spanton J., Stratford C. H., Bartley D. J., Morgan E. R., Hodgkinson J. E., Coumbe K., Mair T., Swan B., Lemon G., Cookson R., Matthews J.B.// Veterinary Parasitology. — 2013. — Vol. 197. — P.189—196.

10. Martin, F. Resistance to pyrantel embonate and efficacy of fenbendazole in Parascaris univalens on Swedish stud farms/ Höglund J., Bergström T. F., Lindsjö O. K., Tyden E. // Vet. Parasitol. — 2018. — Vol. 264. — P. 69—73. DOI: 10.1016/j.vetpar.2018.11.003.

11. Peachey, L. E. P-glycoproteins play a role in ivermectin resistance in cyathostomins / Pinchbeck G. L., Matthews J. B., Burden F. A., Lespine A., von Samson -Himmelstjerna G., Krücken J., Hodgkinson, J. E. // International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance. — 2017. — Vol. 7. — P. 388—398.

Kazakhstan// Russian Parasitological Journal. — 2013. — No. 1. — P. 85—88.

4. Zabrovskaya, A. V. Resistance of Helminths to Anthelmintics: Mechanism, Detection Methods, and Ways to Prevent Resistance / A. V. Zabrovskaya, L. M. Belova, and N. A. Gavrilova // Actual Issues in Veterinary Biology. — 2023. — No. 2(58). — P. 42—48.

5. Baranova, M. V., Panova, O. A., Polukhina, D. N., Panova, D. S. Reduction of the nematode egg—reappearance period in horses after anthelmintic therapy// Veterinary World. — 2022. — 15(6). — P. 1530—1534. DOI: 10.14202/vetworld.2022.1530-1534.

6. Boersema, J. H. Apparent resistance of Parascaris equorum to macrocylic lactones / J. H. Boersema, Eysker M., Nas J. W. M.//Vet. Rec. — 2002. — № 150. — P. 279—281. DOI: 10.1136/vr.150.9.279.

7. Coles, G. C. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance / Bauer, C., Borgsteede, F.H., Geerts, S., Klei, T.R., Taylor, M.A., Waller, P.J. //Veterinary Parasitology. — 1992. — № 44. — P. 35—44. DOI: 10.1016/0304-4017(92)90141-u.

8. Kaplan R. M., Denwood M. J., Nielsen M. K., Thamsborg S. M., Torgerson P. R., Gilleard J. S. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guideline for diagnosing anthelmintic resistance using the faecal egg count reduction test in ruminants, horses and swine// Veterinary Parasitology, 2023. — V. 318.—109936. DOI: 10.1016/j.vetpar.2023.109936.

9. Lester, H. E. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England / Spanton J., Stratford C. H., Bartley D. J., Morgan E. R., Hodgkinson J. E., Coumbe K., Mair T., Swan B., Lemon G., Cookson R., Matthews J.B.// Veterinary Parasitology. — 2013. — Vol. 197. — P.189—196.

10. Martin, F. Resistance to pyrantel embonate and efficacy of fenbendazole in Parascaris univalens on Swedish stud farms/ Höglund J., Bergström T. F., Lindsjö O. K., Tyden E. // Vet. Parasitol. — 2018. — Vol. 264. — P. 69—73. DOI: 10.1016/j.vetpar.2018.11.003.

11. Peachey, L. E. P-glycoproteins play a role in ivermectin resistance in cyathostomins / Pinchbeck G. L., Matthews J. B., Burden F. A., Lespine A., von Samson- Himmelstjerna G., Krücken J., Hodgkinson, J. E. // International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance. — 2017. — Vol. 7. — P. 388—398.

УДК: 619:615.9:615.3:636.92
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.125

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ НА МИКРОБИОТУ И ГИСТОСТРУКТУРУ КИШЕЧНИКА БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕСТИЦИДА ГЛИФОСАТА

Егоров В. И.* — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9691-2009); **Галяутдинова Г. Г.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3244-8814); **Матросова Л. Е.** — д-р. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-7428-7882); **Маланьев А. В.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7290-7854); **Семенов Э. И.** — д-р. ветеринар. наук, гл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3029-7170); **Алеев Д. В.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5933-4107); **Губеева Е. Г.** — канд. мед. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-0505-2673).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности».

*vladislav.e@inbox.ru.

Ключевые слова: *интоксикация, глифосат, белые крысы, антиоксиданты, микробиоценоз, дисбиоз, лактобактерии.*

Key words: *intoxication, glyphosate, white rats, antioxidants, microbiocenosis, dysbiosis, lactobacilli.*

Финансирование. *Работа выполнена за счет гранта, предоставленного 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 22.12.2025 г. № 4/2025-ПД-ВНИВИ).*

Поступила в редакцию / Received: 10.03.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Глифосат — самый распространенный гербицид широкого спектра действия. Целью работы являлось изучение влияния антиоксидантов различного происхождения на микробиоту и гистоструктуру кишечника белых крыс при воздействии глифосата. Изучение эффективности потенциальных компонентов-кандидатов (сукцинат кальция —25 мг/кг живой массы, фумарат аммония — 25 мг/кг, куркумин —0,04 % от рациона), обладающих антитоксическим действием при отравлении пестицидом глифосатом, проводили на 30 белых крысах, разделенных на 5 групп. При воздействие препарата на основе глифосата регистрировали снижение лакто- и бифидобактерий на 34,4 % ($p<0,001$) и 36,7 % ($p<0,001$), возрастание численности эшерихий на 30,0 % ($p<0,001$) в сравнении с биологическим контролем. В экскрементах животных группы токсического контроля были выявлены дрожжевые грибы, сальмонеллы и гемолитические эшерихии. Наиболее высокий результат при затравке глифосатом показал препарат куркумин. Эффект от фумарата аммония был незначительным, а сукцинат кальция показал наименьшую способность к восстановлению нормального состава микробиоценоза белых крыс при отравлении глифосатом. Гистологическая картина тонкого отдела кишечника крыс биологического контроля без отклонений. В гистологических срезах крыс, получавших только глифосат, в кишечнике наблюдался отек слизистого и подслизистого слоев, очаговые некробиозы эпителия. В кишечнике крыс, получавших глифосат и лечение сукцинатом кальция, отмечался отек слизистой с некробиозом отдельных клеток. У крыс, получавших глифосат и лечение фумаратом аммония, кровенаполнение в кровеносных сосудах ткани сниженное. На некоторых участках ворсин эпителий без ядер с нечеткими контурами. В гистологических срезах крыс, получавших глифосат и лечение куркумином, строение кишечника не отличалось от контроля.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Глифосат — изопропиламинная соль, системное средство, используемое для борьбы с сорняками. Один из самых популярных гербицидов в мире, который входит в состав многих гербицидных композиций и используется не только в крупных агрономических масштабах, но и в небольших подсобных хозяйствах. Доля этого гербицида на мировом рынке каждый год составляет 25 %. Неселективный гербицид не обладает избирательностью в отношении видов уничтожаемых растений: нейтрализуется все, с чем контактирует средство. Глифосат уничтожает растение не путем отравления, а попадая в него блокирует выработку определенной группы белков, отвечающих за рост живого организма. Глифосат воздействует путем блокировки активности 5-енолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазы, фермента, играющего центральную роль в шикиматном метаболическом пути, необходимого для образования трех незаменимых аминокислот: фенилаланина, тирозина и триптофана. Утверждения о безопасности глифосата часто подкрепляются

тем фактом, что у людей и сельскохозяйственных животных шикиматный путь отсутствует [1].

Исходя из этого, возникло мнение, что глифосат безопасен для фауны. Тем не менее, шикиматный путь встречается у бактерий и грибов, для которых он является единственным механизмом синтеза незаменимых аминокислот [2].

Глифосат действует как ингибитор 5-енолпирувилшикимат-3-фосфатсинтазы (EPSP-синтазы) не только в растениях, но и в бактериях. Сообщалось о ингибирующем действии на EPSP-синтазу кишечной микробиоты, затрагивающем в основном полезные бактерии. Напротив, показано, что штаммы *Clostridium spp.* и *Salmonella* устойчивы к глифосату. Таким образом, глифосат может вызывать дисбиоз — явление, характеризующееся дисбалансом между полезными и патогенными микроорганизмами [3]. Глифосат и его производные способны вызывать дисбактериоз кишечника, изменяя бактериальный метаболизм, проницаемость кишечника и секрецию слизи, а также повреждая микроворсинки и просвет кишечника [4—6].

Исследованиями Tang et al., 2020 [7] подтверждено отрицательное воздействие глифосата на тонкий кишечник и микробиоту кишечника у крыс. Было обнаружено снижение соотношения высоты ворсинок и глубины крипт в двенадцатиперстной и тощей кишке. В различных сегментах тонкой кишки наблюдалось снижение активности антиоксидантных ферментов и повышение содержания малонового диальдегида. Кроме того, после воздействия глифосата повысился уровень экспрессии мРНК IL-1β, IL-6, TNF-α, MAPK3, NF-κB и каспазы-3. Действие глифосата характеризовалось изменением состава кишечных микроорганизмов, снижением относительной численности бактерий типа *Firmicutes* и рода *Lactobacillus,* повышением количества патогенных бактерий.

У мышей, получавших глифосат, отмечалось снижение численности *Corynebacterium, Firmicutes, Bacteroidetes* и *Lactobacillus* [8].

Ввиду сложного и не до конца полностью изученного способа отравляющего воздействия глифосата, специфическое лечение, нейтрализующее его действие, отсутствует. Лечение интоксикации, вызванной препаратами на основе глифосата, базируется на стандартных методах выведения токсинов из организма (адсорбенты, инфузионная терапия, гигиенические процедуры) и симптоматическом лечении [9—11]. В связи с этим разработка эффективных методов фармакокоррекции нежелательных эффектов глифосатсодержащих препаратов на организм животных является актуальной задачей в ветеринарии.

Целью работы являлось изучение влияния антиоксидантов различного происхождения на микробиоту и гистоструктуру кишечника белых крыс при воздействии глифосата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В отделении токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» было проведено исследование по оценке антитоксического действия потенциальных компонентов-кандидатов при отравлении глифосатом. Эксперимент проводился на 30 белых крысах (масса 210—230 г), распределенных на 5 групп по 6 особей. Длительность введения пестицида и антитоксических средств животным составила 30 суток.

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

В ходе исследования использовали гербицид «Аристократ, ВР» (производство ООО «Листерра», Россия), содержащий 480 г/л глифосата кислоты в виде изопропиламинной соли, предназначенный для полного уничтожения как однодольных, так и двудольных сорняков. Этот глифосатсодержащий препарат тщательно смешивали с основным кормом, используя метод ступенчатого перемешивания, чтобы обеспечить равномерное распределение и дозировку 30 мг/кг корма (по действующему веществу).

На фоне созданного пестицидного воздействия изучали корригирующий потенциал ряда антитоксических средств:

1. Сукцинат кальция ($CaC_4H_4O_4$) — неорганическое соединение, соль кальция и янтарной кислоты. Сукцинат кальция задавали с питьевой водой в дозе 25 мг/кг живой массы.

2. Фумарат аммония (антиоксидант) — представляет собой кристаллический порошок белого цвета, без запаха. Фумарат аммония задавали с питьевой водой в дозе 25 мг/кг живой массы.

3. Куркумин — природный антиоксидант, который превышает по силе витамины С, Е и бета-каротины, влияет на липидный профиль и предотвращает перекисное окисление липидов. Куркумин задавали с кормом в дозе 0,04 % от рациона.

Качественный и количественный анализ ки-

Таблица 1 — Схема эксперимента

Table 1 — Experimental design

№ группы	Наименование группы	Пестицид, да/нет	Лечение
1	Биологический контроль (БК)	нет	нет
2	Токсический контроль	Глифосат	нет
3	Опытная	Глифосат	Сукцинат кальция
4	Опытная	Глифосат	Фумарат аммония
5	Опытная	Глифосат	Куркумин

шечного биоценоза проводили классическими микробиологическими методами, путем высева суспензии фекалий на агаризованные среды и подсчета количества выросших колоний.

Гистологические исследования были проведены с образцами тканей оболочек стенки кишки, которые фиксировали 10 %-ным нейтральным раствором формалина, после обезвоживания заливали в парафин. Гистосрезы получали с помощью ротационного микротома, окрашивали гематоксилином Майера и спиртовым эозином. Микрофотосъемку проводили на микроскопе Leica DM 1000 с цифровой камерой Leica DFC 320 (Германия).

Обработку цифрового материала проводили методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием программ Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. По результатам проведенных исследований нами подтверждено, что воздействие глифосата приводит к изменению состава микробиома кишечника.

В таблице 2 отражены результаты микробиологического анализа фекалий белых крыс при воздействии глифосата и использовании антиоксидантов.

Количество представителей нормофлоры кишечника (лактобактерий и бифидобактерий) у белых крыс второй группы было ниже, чем у биологического контроля на 34,4 % ($p<0,001$) и 36,7 % ($p<0,001$) в сравнении с биологическим контролем. Количество эшерихий было выше на 30,0 % ($p<0,001$).

Количество лакто- и бифидобактерий в опытной группе, получавшей сукцинат кальция уменьшилось на 15,6 % ($p<0,05$) и 8,8 %, фумарат аммония на 10,0 % и 4,1 % и куркумин на 7,7 % и 3,8 %, соответственно.

Дрожжевые грибы были обнаружены во второй и третьей группах в количестве 5,93 и 5,75 lg КОЕ/г. Сальмонеллы (5,17±0,03 lg КОЕ/г) и гемолитические эшерихии (6,20±0,02 lg КОЕ/г) были выявлены у животных, получавших только глифосат.

Количество эшерихий у крыс третьей, четвертой и пятой группы было выше, чем у биологического контроля на 22,6 % ($p<0,01$), 17,8 % ($p<0,05$) и 3,9 %, соответственно.

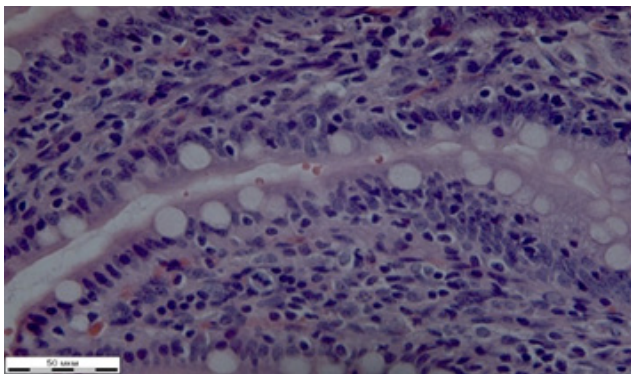


Рисунок 1 *— Фрагмент ткани оболочек стенки кишки крыс группы биологического контроля (окраска гематоксилином Майера, эозином 0,4 % спиртовым, ув. ×310).*

Figure 1 *— Fragment of intestinal wall tissue from rats in the biological control group (stained with Mayer's hematoxylin, 0.4% alcohol eosin, magnification ×310).*

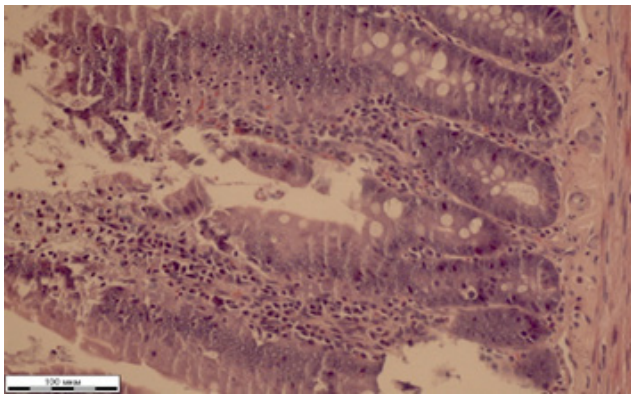


Рисунок 2 *— Фрагмент ткани оболочек стенки кишки крыс при отравлении глифосатом (окраска гематоксилином Майера, эозином 0,4 % спиртовым, ув. ×310).*

Figure 2 *— Fragment of tissue from the intestinal wall membranes of rats poisoned with glyphosate (stained with Mayer's hematoxylin, 0.4% alcohol eosin, magnification ×310).*

Гистологическая картина образцов тканей оболочек стенки кишки подопытных крыс представлена на рисунках 1—5.

На рисунке 1 видны фрагменты ткани оболочек стенки кишки с плотно расположенными ворсинами. В кровеносных сосудах ткани отмечается неравномерное кровенаполнение. Ворсины ткани

Таблица 2 — Микробиота кишечника белых крыс при воздействии глифосата и использовании антиоксидантов (M±m, n=6)

Table 2 — Intestinal microbiota of white rats exposed to glyphosate and the use of antioxidants (M±m, n=6)

Группа	Показатель, lg КОЕ/г					
	Лакто-бактерии	Бифидо-бактерии	Дрожж. грибы	Сальмонеллы	Эшерихии	Гемолитические эшерихии
1	5,82±0,01	7,93±0,05	не обн.	не обн.	5,80±0,02	не обн.
2	3,82±0,01***	5,02±0,04***	5,93±0,01	5,17±0,03	7,54±0,08***	6,20±0,02
3	4,91±0,08*	7,23±0,15	5,75 ±0,03	не обн.	7,11±0,23**	не обн.
4	5,24±0,04	7,60±0,14	не обн.	не обн.	6,83±0,27*	не обн.
5	5,37±0,01	7,63±0,16	не обн.	не обн.	6,03±0,02	не обн.

Примечание: **p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001 в сравнении с биологическим контролем*

оболочек стенки кишки контрольных животных покрыты однослойным каемчатым эпителием и содержат рыхлую волокнистую ткань собственной пластинки и отдельные гладкомышечные клетки. Крипты слизистой кишечника контрольных животных трубчатой формы, расположены в собственной пластинке слизистой оболочки кишки. Бокаловидные клетки расположены одиночно по краю ворсин. Подслизистая основа кишечника состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Мышечная стенка кишечника животных контрольной группы состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольного слоев.

На фрагменте ткани оболочек стенки кишки (рис. 2) видны умеренно длинные и плотно расположенные ворсины с закругленными вершинами. В кровеносных сосудах ткани наблюдается сниженное кровенаполнение. Ворсины покрыты однослойным каемчатым эпителием, содержат рыхлую волокнистую ткань собственной пластинки и отдельные гладкомышечные клетки. Центральные структуры ворсин утолщены. Клетки эпителия ворсин на некоторых участках, набухшие со «стертой» структурой. Крипты слизистой кишечника крыс, при отравлении глифосатом, трубчатой формы, расположены в собственной пластинке слизистой оболочки кишки. Подслизистая основа состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Мышечная стенка кишечника животных, получавших глифосат, состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольного слоев.

Из рисунка 3 видно, что в гистоструктуре ткани оболочек стенки кишки белых крыс, при отравлении глифосатом и лечении сукцинатом кальция, отмечается отек слизистой с некробиозом отдельных клеток.

Из рисунка 4 видно, что у крыс, получавших глифосат и лечение фумаратом аммония, ворсины в срезах длинные. Вершины встречаются заостренные и закругленные. Кровенаполнение в кровеносных сосудах ткани сниженное. Слизистая покрыта однослойным каемчатым эпителием. В середине каждой ворсины рыхлая волокнистая ткань собственной пластинки и отдельные гладкомышечные клетки. Бокаловидные клетки расположены одиночно. На некоторых участках ворсин эпителий без ядер с нечеткими контурами. Крипты слизистой кишечника трубчатой формы, расположены в собственной пластинке слизистой оболочки кишки. Подслизистая основа состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Мышечный слой состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольного слоев.

Из рисунка 5 видно, что на фрагменте ткани оболочек стенки кишки крыс, получавших глифосат и лечение куркумином, строение кишечника не отличалось от контроля.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. На основании данных исследований микробиоты толстого отдела кишечника наиболее высокий результат при затравке глифосатом показал препарат куркумин.

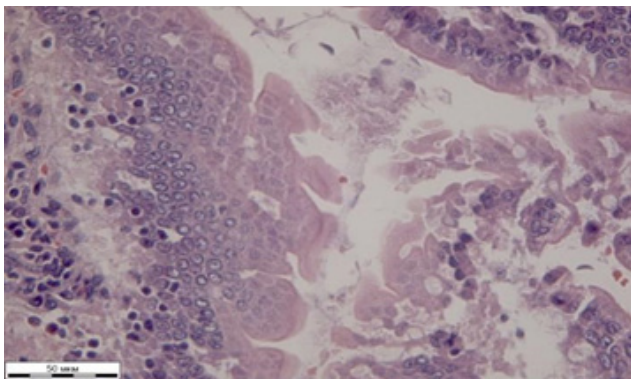


Рисунок 3 *— Фрагмент ткани оболочек стенки кишки крыс при отравлении глифосатом и лечении сукцинатом кальция (окраска гематоксилином Майера, эозином 0,4 % спиртовым, ув. ×310).*

Figure 3 *— Fragment of intestinal wall tissue from rats poisoned with glyphosate and treated with calcium succinate (stained with Mayer's hematoxylin, 0.4% alcohol eosin, magnification ×310).*

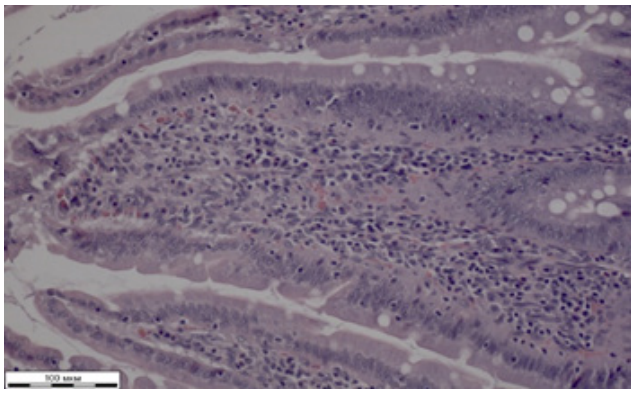


Рисунок 4 *— Фрагмент ткани оболочек стенки кишки крыс при отравлении глифосатом и лечении фумаратом аммония (окраска гематоксилином Майера, эозином 0,4 % спиртовым, ув. ×310).*

Figure 4 *— Fragment of tissue from the intestinal wall membranes of rats poisoned with glyphosate and treated with ammonium fumarate (stained with Mayer's hematoxylin, 0.4% alcohol eosin, magnification ×310).*

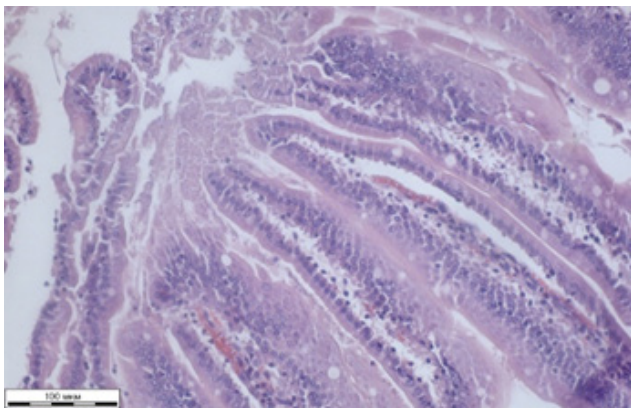


Рисунок 5 *— Фрагмент ткани оболочек стенки кишки крыс при отравлении глифосатом и лечении куркумином (окраска гематоксилином Майера, эозином 0,4 % спиртовым, ув. Х310).*

Figure 5 *— Fragment of intestinal wall tissue from rats poisoned with glyphosate and treated with curcumin (stained with Mayer's hematoxylin, 0.4% alcohol eosin, magnification X310).*

Наиболее высокий результат при затравке глифосатом показал препарат куркумин. Эффект от фумарата аммония был незначительным, а сукцинат кальция показал наименьшую способность к восстановлению нормального состава микробиоценоза белых крыс при отравлении глифосатом.

Гистологическая картина тонкого отдела кишечника крыс биологического контроля без отклонений. В гистологических срезах крыс, получавших только глифосат, в кишечнике наблюдался отек слизистого и подслизистого слоев, очаговые некробиозы эпителия. В кишечнике крыс, получавших глифосат и лечение сукцинатом кальция, отмечался отек слизистой с некробиозом отдельных клеток. У крыс, получавших глифосат и лечение фумаратом аммония, кровенаполнение в кровеносных сосудах ткани сниженное. На некоторых участках ворсин эпителий без ядер с нечеткими контурами. В гистологических срезах крыс, получавших глифосат и лечение куркумином, строение кишечника не отличалось от контроля.

EFFECT OF ANTIOXIDANTS ON THE MICROBIOTA AND INTESTINAL HISTOSTRUCTURE OF WHITE RATS EXPOSED TO THE PESTICIDE GLYPHOSATE

Egorov V. I.[1]* – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-9691-2009); **Galyautdinova G. G.**[1] — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-3244-8814); **Matrosova L. E.**[1] — Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0001-7428-7882); **Malanev A. V.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-7290-7854); **Semenov E. I.**[1] — Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-3029-7170); **Aleyev D. V.**[1] — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-5933-4107); **Gubeeva E. G.**[1] – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-0505-2673).

[1]Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety.

*vladislav.e@inbox.ru.

Financing: the work was carried out with the help of a grant provided by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, scientific and other organizations to support plans for the development of human resources in terms of stimulating their scientific and scientific-pedagogical staff to defend doctoral dissertations and carry out research work (Contract No 4/2025-PD-VNIVI of December 22, 2025).

ABSTRACT. *Glyphosate is the most widely used broad-spectrum herbicide. The aim of this study was to investigate the effects of various antioxidants on the intestinal microbiota and histostructure of white rats exposed to glyphosate. The efficacy of potential candidate components (calcium succinate at 25 mg/kg body weight, ammonium fumarate at 25 mg/kg, and curcumin at 0,04 % of the diet) with antitoxic effects against glyphosate pesticide poisoning was assessed using 30 white rats divided into 5 groups. Exposure to the glyphosate-based preparation resulted in a 34,4 % ($p<0,001$) and 36,7 % ($p<0,001$) decrease in lacto- and bifidobacteria, and a 30,0 % ($p<0,001$) increase in Escherichia coli counts, compared to the biological control. Yeast fungi, salmonella, and hemolytic Escherichia coli were detected in the feces of animals in the toxic control group. Curcumin demonstrated the highest response to glyphosate. The effect of ammonium fumarate was insignificant, and calcium succinate demonstrated the least ability to restore the normal microbiome composition of white rats poisoned with glyphosate. The histological picture of the small intestine of biological control rats was normal. Histological sections of rats given only glyphosate showed edema of the mucosal and submucosal layers, as well as focal epithelial necrosis. Mucosal edema with individual cell necrosis was observed in the intestines of rats given glyphosate and calcium succinate. Rats given glyphosate and ammonium fumarate showed signs of mucosal edema in the intestines. In histological preparations of rats treated with glyphosate and curcumin, the intestinal structure did not differ from the control.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Sutton K. A., Breen J., Russo T. A., Schultz L. W., Umland T. C. Crystal structure of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate (EPSP) synthase from the ESKAPE pathogen Acinetobacter baumannii. Acta Crystallogr F Struct Biol Commun. 2016 Mar;72(Pt 3):179—87. DOI: 10.1107/S2053230X16001114. Epub 2016 Feb 16. PMID: 26919521; PMCID: PMC4774876.

2. Mesnage R., Teixeira M. et al. Use of Shotgun Metagenomics and Metabolomics to Evaluate the Impact of Glyphosate or Roundup MON 52276 on the Gut Microbiota and Serum Metabolome of Sprague-Dawley Rats. Environ Health Perspect. 2021 Jan;129(1):17005. DOI: 10.1289/EHP6990. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33502259; PMCID:

REFERENCES

1. Sutton K. A., Breen J., Russo T. A., Schultz L. W., Umland T. C. Crystal structure of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate (EPSP) synthase from the ESKAPE pathogen Acinetobacter baumannii. Acta Crystallogr F Struct Biol Commun. 2016 Mar;72(Pt 3):179—87. DOI: 10.1107/S2053230X16001114. Epub 2016 Feb 16. PMID: 26919521; PMCID: PMC4774876.

2. Mesnage R., Teixeira M. et al. Use of Shotgun Metagenomics and Metabolomics to Evaluate the Impact of Glyphosate or Roundup MON 52276 on the Gut Microbiota and Serum Metabolome of Sprague-Dawley Rats. Environ Health Perspect. 2021 Jan;129(1):17005. DOI: 10.1289/EHP6990. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33502259; PMCID:

3. Rueda-Ruzafa L., Cruz F., Roman P., Cardona D. Gut microbiota and neurological effects of glyphosate. Neurotoxicology. 2019 Dec; 75:1—8. doi: 10.1016/j.neuro.2019.08.006. Epub 2019 Aug 20. PMID: 31442459.

4. Ignácio A. D. C., Guerra A. M. D. R., de Souza-Silva T. G., Carmo M. A. V. D., Paula H. A. A. Effects of glyphosate exposure on intestinal microbiota, metabolism and microstructure: a systematic review. Food Funct. 2024 Jul 29;15(15):7757—7781. DOI: 10.1039/d4fo00660g. PMID: 38994673.

5. Del Castilo I., Neumann A. S. et al. Lifelong Exposure to a Low-Dose of the Glyphosate—Based Herbicide RoundUp®Causes Intestinal Damage, Gut Dysbiosis, and Behavioral Changes in Mice. Int J Mol Sci. 2022 May 17; 23(10):5583. DOI: 10.3390/ijms23105583. PMID: 35628394; PMCID: PMC9146949.

6. Так ли безобиден глифосат? / Г. Лаптев, Е. Йылдырым, Д. Тюрина [и др.] // Комбикорма. – 2022. – № 7—8. – С. 69—70. EDN XJFXLL.

7. Tang Q., Tang J., Ren X., Li C. Glyphosate exposure induces inflammatory responses in the small intestine and alters gut microbial composition in rats. Environ Pollut. 2020 Jun; 261:114129. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114129. Epub 2020 Feb 3. PMID: 32045792.

8. Aitbali Y., Ba-M'hamed S. et al. Glyphosate based—herbicide exposure affects gut microbiota, anxiety and depression-like behaviors in mice. Neurotoxicol Teratol. 2018 May-Jun; 67:44—49. DOI: 10.1016/j.ntt.2018.04.002. Epub 2018 Apr 7. PMID: 29635013.

9. Оценка эффективности энтеросорбентов в коррекции микробиоценоза толстого кишечника при отравлении белых крыс глифосатом / В. И. Егоров, Г. Г. Галяутдинова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2025. – № 6. – С. 12—16. DOI: 10.33632/1998-698X_2025_6_12.

10. The use of ferrous succinate in combination with vitamins A and E for the prevention of toxic liver dystrophy in piglets / S. Y. Smolentsev, A. V. Onegov, L. V. Holodova [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. – 2020. – Vol. 11, No. 11. – P. 273—280. DOI 10.31838/srp.2020.11.40. EDN WJVUXN.

11. Изучение эффективности лечебных средств при интоксикации животных имидаклопридом / К. Ф. Халикова, Н. Н. Мишина [и др.] // Ветеринарный врач. – 2024. – № 4. – С. 18—23. DOI 10.33632/1998-698X_2024_4_18.

3. Rueda-Ruzafa L., Cruz F., Roman P., Cardona D. Gut microbiota and neurological effects of glyphosate. Neurotoxicology. 2019 Dec; 75:1—8. doi: 10.1016/j.neuro.2019.08.006. Epub 2019 Aug 20. PMID: 31442459.

4. Ignácio A. D. C., Guerra A. M. D. R., de Souza-Silva T. G., Carmo M. A. V. D., Paula H. A. A. Effects of glyphosate exposure on intestinal microbiota, metabolism and microstructure: a systematic review. Food Funct. 2024 Jul 29;15(15):7757—7781. DOI: 10.1039/d4fo00660g. PMID: 38994673.

5. Del Castilo I., Neumann A. S. et al. Lifelong Exposure to a Low-Dose of the Glyphosate—Based Herbicide RoundUp®Causes Intestinal Damage, Gut Dysbiosis, and Behavioral Changes in Mice. Int J Mol Sci. 2022 May 17; 23(10):5583. DOI: 10.3390/ijms23105583. PMID: 35628394; PMCID: PMC9146949.

6. So is glyphosate safe? / G. Laptev, E. Yildirim, D. Tyurina [et al.] // Compound feed. — 2022. — No 7—8. – P. 69—70. EDN XJFXLL. (In Russ.).

7. Tang Q., Tang J., Ren X., Li C. Glyphosate exposure induces inflammatory responses in the small intestine and alters gut microbial composition in rats. Environ Pollut. 2020 Jun; 261:114129. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114129. Epub 2020 Feb 3. PMID: 32045792.

8. Aitbali Y., Ba-M'hamed S. et al. Glyphosate based—herbicide exposure affects gut microbiota, anxiety and depression-like behaviors in mice. Neurotoxicol Teratol. 2018 May-Jun; 67:44—49. DOI: 10.1016/j.ntt.2018.04.002. Epub 2018 Apr 7. PMID: 29635013.

9. Evaluation of the effectiveness of enterosorbents in the correction of the large intestinal microbiocenosis in case of poisoning of white rats with glyphosate / V. I. Egorov, G. G. Galyautdinova, L. E. Matrosova [et al.] // The veterinarian. 2025. 6:12-16. DOI: 10.33632/1998-698X_2025_6_12.

10. The use of ferrous succinate in combination with vitamins A and E for the prevention of toxic liver dystrophy in piglets / S. Y. Smolentsev, A. V. Onegov, L. V. Holodova [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. – 2020. – Vol. 11, No. 11. – P. 273—280. DOI 10.31838/srp.2020.11.40. EDN WJVUXN.

11. Study of the effectiveness of therapeutic agents for animal intoxication with imidacloprid / K. F. Khalikova, N. N. Mishina, G. R. Yamalova [et al.] // The veterinarian. 2024. 4: 18-23. DOI 10.33632/1998-698X_2024_4_18.

УДК: 591.111.1: 636.5.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.131

ПОКАЗАТЕЛИ ПСЕВДОЭОЗИНОФИЛЬНОГО ФАГОЦИТОЗА У ЦЫПЛЯТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Присный А. А.,[2]* — д-р биол. наук, главный научный сотрудник Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0001-5229-8337); **Потапова М. С.**[2] — аспирант кафедры биологии НИУ «БелГУ» (ORCID 0009-0000-4642-0412); **Скворцов В. Н**.[2] — д-р ветеринар. наук, руководитель Белгородского филиала ВИЭВ (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Кравцова А. Р.**[1] **—** мл. науч. сотр. (ORCID 0009-0009-9768-953X).

[1]ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко РАН».

[2]ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

*andreyprisny@gmail.com.

Ключевые слова: *цыплята, фагоцитоз, нитрофураны, сульфаниламиды, амоксиклав.*

Key words: *chickens, phagocytosis, nitrofurans, sulfanilamides, amoxiclav.*

Поступила в редакцию / Received: 30.04.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Широкое применение антимикробных препаратов в птицеводстве вызывает необходимость оценки их воздействия не только на бактериальные патогены, но и на иммунный статус птицы. Целью работы являлось изучение влияния различных групп антимикробных средств на показатели фагоцитарной активности клеток крови цыплят. Эксперимент проведён на шести группах цыплят яичного кросса. Контрольная группа получала чистую воду, а пять опытных групп в течение 10 суток выпаивали сульфагуанидином, фуразидином, нифурантелом, сульфасалазином и амоксиклавом в дозировке 200 мг/л. Отбор крови осуществлен на первые, третьи, пятые, седьмые и девятые сутки после отмены препаратов. Исследовали фагоцитарную активность, фагоцитарное число и фагоцитарный индекс песевдоэозинофилов после совместной инкубации на протяжении 30 и 120 минут с культурой Saccharomyces cerevisiae. Установлено разнонаправленное действие исследуемых препаратов. Фуразидин проявил наиболее выраженные иммуностимулирующие свойства: на пятые сутки после отмены зафиксировано достоверное повышение фагоцитарной активности на 12,8 % и фагоцитарного индекса на 25,2 % относительно контроля, что свидетельствует о комплексной активации фагоцитоза. Сульфаниламиды показали иммуносупрессивную тенденцию. В группе сульфагуанидина на третьи сутки отмечено снижение фагоцитарного числа на 27,6 %, а сульфасалазин вызывал стойкое угнетение фагоцитарной активности на 20,1 % к девятым суткам. Амоксиклав оказал наиболее резкое угнетающее действие в ранний период: на первые сутки фагоцитарный индекс снизился на 42 %, а фагоцитарное число — на 45,7 %, однако к пятым суткам показатели нормализовались. Нифурантел продемонстрировал сложную модулирующую динамику: на седьмые сутки на фоне снижения раннего фагоцитоза наблюдали усиление позднего. Исследованные антимикробные препараты обладают значимым иммуномодулирующим потенциалом, характер которого варьирует от отсроченной стимуляции до пролонгированной супрессии и обратимой ранней иммуносупрессии.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Иммунная система птиц представляет собой сложный комплекс гуморальных и клеточных механизмов защиты, а также является критически важным фактором, определяющим резистентность организма к инфекционным заболеваниям, продуктивность и общее состояние здоровья поголовья в условиях интенсивного птицеводства [1]. Среди клеточных факторов врожденного иммунитета ключевую роль играет фагоцитоз, осуществляемый специализированными клетками — макрофагами, псевдоэозинофилами у птиц [2].

В современных промышленных технологиях выращивания птицы неизбежно применение антимикробных препаратов с терапевтической и профилактической целью для контроля бактериальных инфекций [3]. Однако, помимо прямого антибактериального действия, эти препараты обладают способностью модулировать функции иммунокомпетентных клеток. Это явление известно, как иммуномодулирующий эффект антибиотиков [4]. Исследования *in vitro* и *in vivo* демонстрируют, что некоторые фторхинолоны и макролиды могут усиливать фагоцитоз и внутриклеточный киллинг, в то время как препараты бактериостатического действия (например, тетрациклины) в определенных условиях способны угнетать хемотаксис и поглотительную способность фагоцитов [5].

Актуальность изучения влияния антимикробных препаратов на показатели фагоцитарной активности птиц обусловлена несколькими факторами. Во-первых, необходимостью оптимизации

схем антимикробной терапии для достижения максимального терапевтического эффекта без негативного воздействия на иммунный статус. Во-вторых, в контексте глобальной проблемы антимикробной резистентности и ужесточения регулирования применения антимикробных препаратов в животноводстве, требуется глубокое понимание всех последствий их использования, включая иммунотропные [6].

Видоспецифические особенности иммунной системы птиц, в частности, роль псевдоэозинофилов как основных эффекторов фагоцитоза, различия в рецепторном аппарате и биохимии клеток, обусловливают необходимость целенаправленных исследований на соответствующих видах [7]. Большинство работ на сегодняшний день посвящено изучению влияния иммуномодуляторов или пробиотиков, тогда как систематический анализ воздействия широко применяемых в птицеводстве пенициллинов, тетрациклинов, фторхинолонов, сульфаниламидов, полимиксинов на фагоцитарную функцию остается недостаточно освещенным в научной литературе [8, 9].

Цель данного исследования — изучить протекание псевдоэозинофильного фагоцитоза в крови цыплят в условиях применения нитрофуранов, сульфаниламидов и амоксиклава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования осуществлены на базе вивария и лаборатории Белгородского филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук». По принципу аналогов, были сформированы шесть групп суточных цыплят (по 60 голов) кросса «Хайсекс Браун». Контрольная группа (I) получала стандартную питьевую воду, опытным группам выпаивали сульфагуанидин (II), фуразидин (III), нифурантел (IV), сульфасалазин (V) и амоксиклав (VI) в течение 10 суток в дозировке 200 мг/л.

Отбор крови осуществлен на первые, третьи, пятые, седьмые и девятые сутки после отмены препаратов методом внутрисердечной пункции у 12 цыплят из каждой группы.

Влияние антимикробных препаратов на фагоцитоз реакцию исследовали *in vitro* с применением культуры *Saccharomyces cerevisiae*. В лунки планшета вносили по 0,02 мл гепаринизированной крови и суспензии дрожжевых клеток. Таким образом, достигали стандартного соотношения фагоциты/мишень = 1:100, что обеспечивает избыток фагоцитируемых частиц [1]. Планшеты с полученной взвесью помещали в термостат при температуре 41оС. Спустя 30 и 120 минут осуществляли приготовление мазка с высушиванием на воздухе, фиксацией спиртом и окрашиванием по Романовскому-Гимзе. На мазках подсчитывали псевдоэозинофилы с поглощенными объектами фагоцитоза и число микробных тел, поглощенных одним фагоцитом. На основе полученных результатов рассчитывали фагоцитарные индексы [10]:

1) фагоцитарная активность псевдоэозинофилов (ФА) — характеризуется количеством клеток, вступивших в фагоцитоз:

$$ФА = \frac{\text{Число фагоцитирующих клеток}}{\text{Общее число учтенных фагоцитов (100)}} \text{ x } 100\ \%;$$

2) фагоцитарный индекс (ФИ) — число фагоцитированных микробных клеток в пересчете на один учтенный фагоцит, определяется делением общего количества фагоцитированных микробных тел на количество учтенных фагоцитов:

$$ФИ = \frac{\text{Общее число поглощенных микробных клеток}}{\text{Общее число фагоцитов при учете (100)}};$$

3) фагоцитарное число (ФЧ) — отражает интенсивность реакции фагоцитоза, определяют путем деления общего количества поглощенных микробов на число активных псевдоэозинофилов:

$$ФЧ = \frac{\text{Общее число поглощенных микробных клеток}}{\text{Число фагоцитирующих клеток}};$$

Статистическую обработку цифрового материала проводили путём расчёта среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего (m). Достоверность различий оценивали, используя непараметрический U-критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Проведённый анализ выявил значимое влияние исследуемых антимикробных препаратов на функциональную активность фагоцитов крови цыплят. На первые сутки применения у цыплят, получавших фуразидин (группа III), наблюдали достоверное увеличение фагоцитарной активности на 42 % по сравнению с контролем после 30-минутной инкубации, что указывает на раннюю стимуляцию фагоцитов (табл. 1). На третьи сутки в группе сульфагуанидина (II) зафиксировано значимое угнетение поглотительной способности лейкоцитов: фагоцитарное число, отражающее среднее количество частиц, поглощённых одним активным фагоцитом, снизилось на 27,6 % через 30 минут и на 20,2 % через 120 минут инкубации. Подобное транзиторное подавление функциональной активности фагоцитов характерно для бактериостатических препаратов.

На пятые сутки эксперимента в группе фуразидина (III) отмечен максимальный стимулирующий эффект. Произошло достоверное повышение фагоцитарного индекса, характеризующего общую интенсивность фагоцитоза, на 13,9 % (30 мин) и на 25,2 % (120 мин). Комплексное усиление фагоцитарной функции свидетельствует о выраженном иммуномодулирующем потенциале данного препарата, согласующемся с данными об иммуностимулирующих свойствах некоторых антимикробных агентов *in vivo* [4].

Применение амоксиклава (VI) на первые сутки

после отмены препарата вызвало наиболее выраженное угнетение фагоцитарной реакции: фагоцитарный индекс снизился на 42 %, а фагоцитарное число через 120 минут инкубации — на 45,7 %. Использование нифурантела (IV) также приводит к снижению фагоцитарной активности на 15,5 % (табл. 2). Столь резкое начальное подавление фагоцитоза может быть связано со стрессорным воздействием антимикробных средств на иммунокомпетентные клетки.

Применение нифурантела (IV) на седьмые сутки после отмены препарата привело к разнонаправленным сдвигам: на фоне снижения фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа после 30 минут инкубации (на 37,3 %, и 24,9 %, соответственно) отмечено повышение фагоцитарного числа после 120 минут инкубации на 23,9 %. Это может указывать на изменение кинетики фагоцитарного процесса – замедленное начало с последующей его интенсификацией, что является примером сложной иммунофармакологической динамики.

В группе сульфасалазина (V) на девятые сутки сохранялось снижение фагоцитарного числа (30 минут) на 20,1 %, что позволяет предположить кумулятивный или супрессивный эффект данного препарата на долю активных циркулирующих фагоцитов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что антимикробные препараты осуществляют значимое и продолжительное действие на систему неспецифического иммунитета птиц, которое реализуется в течение минимум девяти суток после окончания курса. Их влияние на врождённый иммунитет птиц варьирует от выраженной отсроченной стимуляции (фуразидин) до пролонгированной супрессии (сульфаниламиды) и обратимой ранней иммуносупрессии (амоксиклав). Данный факт имеет большое значение для ветеринарной практики, так как период после антимикробной терапии может характеризоваться изменённой иммунной реактивностью, потенциально повышающей риск реинфекции или осложнений. Следовательно, при выборе препарата необходимо учитывать не только непосредственную терапевтическую эффективность, но и характер отдалённого иммунотропного действия для обеспечения устойчивой защиты поголовья.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Установлено, что десятидневное пероральное применение исследуемых антимикробных препаратов в дозе 200 мг/л оказывает статистически значимое и разнонаправленное влияние на показатели фагоцитарной активности крови цыплят, что выявляется в динамике в течение девяти суток после отмены препаратов. Характер и динамика этого влияния опре-

Таблица 1 — Показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов цыплят под влиянием фуразидина и сульфагуанидина (M±m; n = 12)

Table 1 — Phagocytosis indices of chicken pseudoeosinophils under the influence of furazidine and sulfaguanidine (M±m; n = 12)

Сутки	Группа	ФА, % 30 минут	ФИ, у.е. 30 минут	ФЧ, у.е. 30 минут	ФА, % 120 минут	ФИ, у.е. 120 минут	ФЧ, у.е. 120 минут
1	I	23,50±1,48	0,58±0,04	2,46±0,04	37,33±1,71	0,84±0,02	2,28±0,09
	II	31,00±2,45	0,69±0,02	2,31±0,19	38,67±2,94	0,83±0,02	2,18±0,13
	III	33,50±1,65*	0,72±0,04	2,15±0,09	42,33±1,63	0,91±0,03	2,14±0,04
3	I	20,50±0,85	0,39±0,01	1,92±0,06	36,83±1,47	0,80±0,02	2,18±0,08
	II	28,33±1,52	0,39±0,02	1,39±0,09**	39,17±1,45	0,68±0,04	1,74±0,09*
	III	29,50±1,28	0,46±0,02	1,58±0,09	38,67±0,84	0,84±0,01	2,19±0,06
5	I	32,50±0,85	0,72±0,02	2,22±0,09	42,67±2,92	1,07±0,05	2,53±0,10
	II	32,83±0,87	0,74±0,01	2,27±0,06	44,33±1,05	1,25±0,08	2,81±0,16
	III	36,67±1,38	0,82±0,01**	2,26±0,13	49,83±0,95*	1,34±0,05**	2,69±0,09
7	I	37,67±1,61	0,83±0,05	2,19±0,09	45,00±1,13	1,22±0,08	2,71±0,12
	II	39,83±1,64	0,91±0,04	2,30±0,07	46,50±0,89	1,24±0,04	2,67±0,09
	III	40,00±1,65	0,91±0,02	2,28±0,12	46,00±0,86	1,21±0,06	2,63±0,10
9	I	39,67±1,43	0,97±0,03	2,44±0,03	46,33±1,28	1,22±0,08	2,72±0,14
	II	38,50±1,18	0,94±0,05	2,43±0,11	46,17±2,24	1,21±0,06	2,70±0,17
	III	42,00±1,86	0,98±0,03	2,35±0,08	46,83±0,83	1,23±0,05	2,97±0,12

Примечание: *I группа — интактный контроль, II группа — сульфагуанидин, III группа — фуразидин; ФА — фагоцитарная активность, ФИ — фагоцитарный индекс, ФЧ — фагоцитарное число; ** — статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U—критерию Манна—Уитни при p<0,01; * — статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U—критерию Манна—Уитни при p<0,05.*

деляются фармакологической группой препарата.

Сульфаниламиды проявляют выраженную иммуносупрессивную тенденцию в отношении поглотительной способности фагоцитов. Сульфагуанидин вызывает значимое снижение фагоцитарного числа к третьим суткам после отмены препарата, а сульфасалазин — стойкое снижение фагоцитарной активности к девятым суткам. Это указывает на пролонгированный угнетающий эффект, который согласуется с данными о способности бактериостатических препаратов ингибировать функциональную активность иммунокомпетентных клеток.

Фуразидин (группа нитрофуранов) продемонстрировал наиболее четкие иммуностимулирующие свойства. К пятым суткам после отмены препарата отмечено достоверное комплексное усиление фагоцитарной функции: повышение как фагоцитарной активности, так и фагоцитарного индекса, что может свидетельствовать об увеличении количества иммунных клеток. Этот отложенный стимулирующий эффект соответствует концепции положительной иммуномодуляции. Другой представитель нитрофуранов (нифурантел) оказал сложное модулирующее влияние в отсроченный период, вызывая разнонаправленные изменения в разные сроки после отмены (на седьмые сутки угнетение раннего фагоцитоза при стимуляции позднего), что указывает на его способность изменять кинетику фагоцитарного ответа даже после прекращения поступления препарата.

Амоксиклав оказал наиболее резкое угнетающее воздействие в ранний период (первые сутки после отмены препарата), вызывая глубокое снижение всех ключевых показателей. В последующем его эффект нивелировался, демонстрируя обратимость иммуносупрессии. Такая реакция может быть связана с остаточным стрессорным воздействием на организм после курса терапии β-лактамным антибиотиком в комбинации с ингибитором β-лактамаз.

Таблица 2 — Показатели фагоцитоза псевдоэозинофилов цыплят под влиянием нифурантела, сульфосалазина и амоксиклава (M±m; n=12)

Table 2 — Phagocytosis rates of chicken pseudoeosinophils under the influence of nifurantel, sulfosalazine and amoxiclav (M±m; n=12)

Сутки	Группа	ФА, % 30 минут	ФИ, у.е. 30 минут	ФЧ, у.е. 30 минут	ФА, % 120 минут	ФИ, у.е. 120 минут	ФЧ, у.е. 120 минут
1	I	37,67±1,12	0,81±0,05	2,15±0,12	41,50±0,99	1,16±0,02	2,80±0,09
	IV	31,83±0,98*	0,67±0,02	2,13±0,13	41,17±1,54	1,04±0,06	2,51±0,08
	V	36,33±1,33	0,69±0,06	1,90±0,14	43,83±1,30	1,07±0,01	2,46±0,08
	VI	31,00±0,58**	0,47±0,02***	1,52±0,08	38,17±1,25	0,58±0,02***	1,52±0,09***
3	I	36,00±1,39	0,94±0,09	2,59±0,18	40,83±1,25	1,07±0,09	2,62±0,18
	IV	35,00±0,97	0,92±0,08	2,64±0,22	39,67±1,78	1,06±0,06	2,70±0,19
	V	43,83±1,01	0,80±0,06	1,82±0,12*	52,33±1,76***	1,25±0,07	2,42±0,23
	VI	32,83±0,87	0,85±0,03	2,60±0,12	42,17±1,35	1,10±0,02	2,62±0,11
5	I	40,00±0,82	0,89±0,04	2,21±0,07	50,00±0,52	1,19±0,04	2,38±0,09
	IV	43,33±1,61	0,93±0,07	2,13±0,09	48,33±1,02	1,23±0,08	2,53±0,14
	V	44,17±1,28	0,95±0,04	2,17±0,14	47,17±1,47	1,21±0,06	2,57±0,11
	VI	43,83±1,25	0,99±0,04	2,25±0,05	49,67±1,63	1,17±0,04	2,36±0,07
7	I	44,50±1,52	1,02±0,06	2,29±0,14	51,50±2,08	1,32±0,05	2,59±0,15
	IV	36,83±1,01	0,64±0,06**	1,72±0,15	46,17±0,87	1,48±0,06	3,21±0,12*
	V	33,50±0,96**	0,76±0,05	2,26±0,14	45,50±0,99	1,20±0,03	2,64±0,11
	VI	45,67±0,92	1,08±0,02	2,37±0,07	50,50±1,61	1,26±0,03	2,51±0,13
9	I	47,17±2,21	1,09±0,13	2,31±0,28	54,00±1,32	1,32±0,03	2,45±0,11
	IV	48,50±1,98	1,07±0,08	2,23±0,20	54,00±2,08	1,26±0,04	2,35±0,16
	V	37,67±1,26*	0,82±0,05	2,19±0,15	44,00±1,00	1,25±0,03	2,85±0,13
	VI	47,00±1,59	1,09±0,03	2,34±0,15	56,50±0,99	1,32±0,04	2,34±0,11

Примечание: *I группа — интактный контроль, IV группа — нифурантел, V группа — сульфосалазин, VI группа — амоксиклав; ФА — фагоцитарная активность, ФИ — фагоцитарный индекс, ФЧ — фагоцитарное число; *** — статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при p<0,001; ** — статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при p<0,01; * — статистически достоверные различия между значениями параметров в контрольной и группах опыта по U-критерию Манна-Уитни при p<0,05.*

PHAGOCYTOSIS INDICES IN CHICKEN BLOOD WHEN USING VARIOUS ANTIMICROBIAL DRUGS

Prisnyi A. A.* — Dr. Biol. Sci., Principal Researcher FGBNU «Federal Scientific Centre VIEV» (ORCID 0000-0001-9380-8337); **Potapova M. S.** — postgraduate student, «Belgorod State National Research University» (ORCID 0009-0000-4642-0412); **Skvortsov V. N.** — Dr. Vet. sci., Head of Belgorod Department of FGBNU «Federal Scientific Centre VIEV» (ORCID 0000-0002-9629-0000); **Kravtsova A. R.** — Junior Researcher (ORCID 0000-0003-1340-8024).

FGBNU «Federal Scientific Centre — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. I. Scriabin and Ya.R. Kovalenko of Russian Academy of Sciences».

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod State National Research University».

*andreyprisny@gmail.com.

ABSTRACT. *The widespread use of antimicrobial drugs in poultry farming necessitates assessing their impact not only on bacterial pathogens, but also on the immune status of poultry. The aim of this study was to investigate the effect of various groups of antimicrobial agents on the phagocytic activity of blood cells in chickens. The experiment was conducted on six groups of egg-laying chickens. The control group received clean water, and the five experimental groups were given sulfaguanidine, furazidine, nifurantel, sulfasalazine, and amoxiclav at a dosage of 200 mg/L for 10 days. Blood samples were collected on the first, third, fifth, seventh, and ninth days after the drugs were discontinued. The phagocytic activity, phagocytic number, and phagocytic index of pseudo-eosinophils were studied after 30 and 120 minutes of coincubation with Saccharomyces cerevisiae. The studied drugs were found to have different effects. Furazidin showed the most pronounced immunostimulating properties: on the fifth day after discontinuation, there was a significant increase in phagocytic activity by 12,8 % and the phagocytic index by 25,2 % compared to the control, indicating a comprehensive activation of phagocytosis. Sulfanilamides showed an immunosuppressive trend. In the sulfaguanidine group, a 27,6 % decrease in the phagocytic number was observed on the third day, while sulfasalazine caused a 20,1 % decrease in phagocytic activity by the ninth day. Amoxiclav had the most pronounced inhibitory effect in the early period, with a 42 % decrease in the phagocytic index and a 45,7 % decrease in the phagocytic number on the first day, but these values returned to normal by the fifth day. Nifurantel demonstrated complex modulatory dynamics: on the seventh day, an increase in late phagocytosis was observed against a decrease in early phagocytosis. The antimicrobial drugs studied have a significant immunomodulatory potential, which varies from delayed stimulation to prolonged suppression and reversible early immunosuppression.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kogut, M. H. Impact of nutrition on the innate immune response to infection in poultry / M. H. Kogut // Journal of Applied Poultry Research. — 2009. — Vol. 18 (1). — P. 111—124. DOI: 10.3382/japr.2008-00081.

2. Farnell, M. B. Oxidative burst mediated by Toll—like receptors (TLR) and CD14 on avian heterophils stimulated with bacterial toll-like receptor agonists / M.B. Farnell, T. L. Crippen et al. // Developmental & Comparative Immunology. — 2003. — Vol. 27 (5). — P. 423—429. DOI: 10.1016/S0145-305X(02)00115-5.

3. Hofacre, C. L. An optimist's view on limiting antimicrobial use in poultry production / C .L. Hofacre, J. A. Smith, G. F. Mathis // Poultry Science. — 2018. — Vol. 97 (6). — P. 1929—1933. DOI: 10.3382/ps/pey082.

4. Labro, M. T. Interference of antibacterial agents with phagocyte functions: immunomodulation or «immuno—fairy tales»? / M. T. Labro // Clinical Microbiology Reviews. — 2000. Vol. 13 (4). — P. 615—650. DOI: 10.1128/CMR.13.4.615.

5. Dalhoff, A. Immunomodulatory effects of quinolones / A. Dalhoff, I. Shalit / The Lancet Infectious Diseases. — 2003. Vol. 3 (6). — P. 359—371. DOI: 10.1016/s1473-3099(03)00658-3.

6. Van Boeckel, T.P. Global trends in antimicrobial use in food animals / T. P. Van Boeckel, C. Brower, M. Gilbert, B. T. Grenfell, S. A. Levin, T. P. Robinson, R. Laxminarayan

REFERENCES

1. Kogut, M. H. Impact of nutrition on the innate immune response to infection in poultry / M. H. Kogut // Journal of Applied Poultry Research. — 2009. — Vol. 18 (1). — P. 111—124. DOI: 10.3382/japr.2008-00081.

2. Farnell, M. B. Oxidative burst mediated by Toll—like receptors (TLR) and CD14 on avian heterophils stimulated with bacterial toll-like receptor agonists / M.B. Farnell, T. L. Crippen et al. // Developmental & Comparative Immunology. — 2003. — Vol. 27 (5). — P. 423—429. DOI: 10.1016/S0145-305X(02)00115-5.

3. Hofacre, C. L. An optimist's view on limiting antimicrobial use in poultry production / C .L. Hofacre, J. A. Smith, G. F. Mathis // Poultry Science. — 2018. — Vol. 97 (6). — P. 1929—1933. DOI: 10.3382/ps/pey082.

4. Labro, M. T. Interference of antibacterial agents with phagocyte functions: immunomodulation or «immuno—fairy tales»? / M. T. Labro // Clinical Microbiology Reviews. — 2000. Vol. 13 (4). — P. 615—650. DOI: 10.1128/CMR.13.4.615.

5. Dalhoff, A. Immunomodulatory effects of quinolones / A. Dalhoff, I. Shalit / The Lancet Infectious Diseases. — 2003. Vol. 3 (6). — P. 359—371. DOI: 10.1016/s1473-3099(03)00658-3.

6. Van Boeckel, T.P. Global trends in antimicrobial use in food animals / T. P. Van Boeckel, C. Brower, M. Gilbert, B. T. Grenfell, S. A. Levin, T. P. Robinson, R.

// Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2015. — Vol. 112 (18). — P. 5649—5654 DOI: 10.1073/pnas.1503141112.

7. Bar-Shira, E. Development and adaptations of innate immunity in the gastrointestinal tract of the newly hatched chick / E. Bar-Shira, A. Friedman // Developmental & Comparative Immunology. — 2006. — Vol 30 (10). — P. 930—941. DOI: 10.1016/j.dci.2005.12.002.

8. Kogut, M. H. Microbiome and pathogen interaction with the immune system / M. H. Kogut, A. Lee, E. Santin // Poultry science. — 2020. — Vol. 99 (4). — P. 1906—1913. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.011.

9. Qureshi, M. A. Avian macrophage: effector functions in health and disease / M. A. Qureshi, C. L. Heggen, I. Hussain // Developmental & Comparative Immunology. — 2000. — Vol. 24 (2—3). — P. 103—119. DOI: 10.1016/S0145-305X(99)00067-1.

10. Оценка естественной резистентности сельскохозяйственных животных: метод. рекомендации / Россельхозакадемия, Сиб. отделение, ГНУ ИЭВСиДВ, ГНУ ВИЭВ, ФГОУ НРИПК АПК МСХ РФ, НГАУ. — Новосибирск, 2003. — 32 с.

Laxminarayan // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2015. — Vol. 112 (18). — P. 5649—5654 DOI: 10.1073/pnas.1503141112.

7. Bar-Shira, E. Development and adaptations of innate immunity in the gastrointestinal tract of the newly hatched chick / E. Bar-Shira, A. Friedman // Developmental & Comparative Immunology. — 2006. — Vol 30 (10). — P. 930—941. DOI: 10.1016/j.dci.2005.12.002.

8. Kogut, M. H. Microbiome and pathogen interaction with the immune system / M. H. Kogut, A. Lee, E. Santin // Poultry science. — 2020. — Vol. 99 (4). — P. 1906—1913. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.011.

9. Qureshi, M. A. Avian macrophage: effector functions in health and disease / M. A. Qureshi, C. L. Heggen, I. Hussain // Developmental & Comparative Immunology. — 2000. — Vol. 24 (2—3). — P. 103—119. DOI: 10.1016/S0145-305X(99)00067-1.

10. Assessment of the natural resistance of farm animals: a methodological recommendations / RAA, Siberian Branch, GNU IEVSiDV, GNU RES, FGOU NRIPK Agroindustrial Complex of the Ministry of Agriculture of the Russia, NGAU. — Novosibirsk, 2003. — 32 p. (In Russ.)

УДК: 579.67:577.21:66.061.34
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.137

БИОРЕАКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОЭКСПРЕССИИ ГЕТЕРОЛОГИЧНЫХ БЕЛКОВ В РЕКОМБИНАНТНОМ ШТАММЕ *LACTOBACILLUS SPP.*

Самойленко В. С. — канд. ветеринар. наук, доц., зав. каф. зоологии и паразитологии (ORCID: 0000-0003-2730-2482); **Лапина А. А.** — специалист учебно-лабораторного комплекса (ORCID: 0009-0002-5655-1170).

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

*alinagisa@yandex.ru.

Ключевые слова: *биореактор, лактобактерии, плазмиды, интерлейкины, белки, коэкспрессия, культивирование.*

Keywords: *Bioreactor, lactobacilli, plasmids, interleukins, proteins, coexpression, cultivation.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Разработка высокопродуктивных пробиотических штаммов, способных к синтезу терапевтических белков, требует комплексного подхода, сочетающего генетическое конструирование с оптимизацией условий ферментации. В данном исследовании разработан и валидирован усовершенствованный протокол трехэтапного культивирования рекомбинантного штамма Lactobacillus spp., обеспечивающего коэкспрессию интерлейкинов IL-10 и IL-22, в биореакторе с автоматическим контролем критических параметров — pH, температура, растворенный кислород. В работе использовали рекомбинантные штаммы, трансформированные плазмидой pLacDualIL10/IL22. Культивирование проводили в стеклянном биореакторе (рабочий объем 600 мл) с автоматическим контролем pH, температуры и растворенного кислорода. Реализован трехэтапный режим: фаза роста (37°C, pH 6,8), фаза индукции (1 мМ IPTG, 30°C) и фаза продукции. Очистку белков проводили тангенциальной ультрафильтрацией и аффинной хроматографией на Ni-NTA агарозе. Количественный анализ IL-10 и IL-22 выполняли методом ELISA, чистоту оценивали с помощью SDS-PAGE, биологическую активность – в пролиферативном тесте на лимфоцитах PBMC. Применение стратегии, включающей фазы роста, индукции (1 мМ IPTG, 30°C) и продукции, позволило достичь значительного увеличения выхода целевых белков: до 120±15 мг/л для IL-10 и 95±10 мг/л для IL-22, что в 2—3 раза превышает показатели при культивировании в колбах. Последующая очистка методом тангенциальной ультрафильтрации и аффинной хроматографии обеспечила получение белков высокой степени чистоты >95 % и >93 %, соответственно с сохраненной биологической активностью $1,2\times10^6$ ЕД/мг для IL-10 и $8,5\times10^5$ ЕД/мг для IL-22. Предложенная методика демонстрирует высокую воспроизводимость и эффективность, что подтверждает ее перспективность для масштабируемого производства функциональных рекомбинантных цитокинов на пробиотической платформе.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Развитие биотехнологии и генной инженерии открыло новые перспективы для создания рекомбинантных пробиотических штаммов, способных к синтезу гетерологичных белков с терапевтическим потенциалом. Особый интерес представляют штаммы, обеспечивающие моно- и коэкспрессию биологически активных молекул, таких как цитокины интерлейкин-10 (IL-10) и интерлейкин-22 (IL-22), которые играют ключевую роль в регуляции иммунного ответа и поддержании барьерной функции слизистых оболочек. Пробиотические микроорганизмы, в частности представители рода Lactobacillus, являются идеальными кандидатами для реализации таких задач благодаря их безопасности, адаптивности к условиям желудочно-кишечного тракта и способности к эффективному синтезу рекомбинантных белков [1—3].

Однако достижение высокой продуктивности и стабильности экспрессии остается серьезной проблемой из-за сложного взаимодействия между генетическими конструкциями и условиями культивирования. Традиционные методы, основанные на использовании статических культур в колбах, не позволяют контролировать критические параметры ферментации, такие как pH, концентрация растворенного кислорода, температура и аэрация. Это приводит к неоптимальному росту клеток, снижению жизнеспособности и, как следствие, к низкому выходу целевых белков. Существующие решения часто фокусируются на генетических аспектах конструирования штаммов, но уделяют недостаточное внимание оптимизации технологических процессов, что ограничивает их воспроизводимость и масштабируемость [4—6].

В связи с этим возникает необходимость в разработке интегрированных подходов, сочетающих генетическую инженерию с совершенствованием

условий ферментации. Такие подходы должны обеспечивать поддержание оптимальных физико-химических параметров на всех этапах культивирования, минимизацию клеточного стресса и максимальную индукцию экспрессии целевых генов [7—8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. На базе Геномного Центра Северо-Кавказского Федерального университета и бактериологической лаборатории базовой кафедры эпизоотологии и микробиологии Ставропольского государственного аграрного университета, в период с 2024 по 2025 гг. осуществлялись основные исследования по разработке и валидации биореакторного протокола масштабируемого получения рекомбинантных интерлейкинов IL-10 и IL-22 на основе пробиотического штамма *Lactobacillus spp.*

В работе использовали рекомбинантные штаммы *Lactobacillus spp.*, трансформированные плазмидой pLacDualIL10/IL22, обеспечивающей коэкспрессию генов интерлейкина-10 (IL-10) и интерлейкина-22 (IL-22). Штаммы хранили в виде глицериновых стоков (25 % глицерин) при –80°C. Перед экспериментом проводили посев на селективную среду MRS (De Man, Rogosa and Sharpe), содержащую антибиотики: 5 мкг/мл эритромицина и 10 мкг/мл хлорамфеникола. Выбор данных антимикробных препаратов обусловлен наличием в структуре плазмиды pLacDualIL10/IL22 селективных маркеров ermAM (устойчивость к эритромицину) и cat (устойчивость к хлорамфениколу), что позволяет поддерживать стабильное наследование генетической конструкции в популяции рекомбинантных клеток. Выбранные концентрации антибиотиков были подобраны в предварительном эксперименте, при котором ингибирующее действие хлорамфеникола не нивелирует селективного давления эритромицина, что было подтверждено стабильным ростом трансформантов на селективной среде и сохранением плазмиды. Инкубацию вели при 37°C в анаэробных условиях в течение 16—18 часов.

Для приготовления инокулята 50 мл ночной культуры выращивали до достижения оптической плотности OD600 2.5—3.0. Модифицированную среду MRS готовили с добавлением 1 % глюкозы, 0,1 % дрожжевого экстракта и 0,01 % Tween-80 для улучшения роста и стабильности экспрессии. Среду стерилизовали автоклавированием при 121°C в течение 20 минут.

Культивирование проводили в стеклянном биореакторе объемом 1 л (рабочий объем 600 мл), оснащенном системой автоматического контроля параметров. Использовали следующие датчики: Комбинированный pH-электрод InPro 3250 (Mettler Toledo) с автоматической подачей 2 M NaOH или 1 M HCl для поддержания pH, полярографический кислородный зонд VisiFerm DO ECS 225 (Hamilton) для мониторинга растворенного кислорода и температурный датчик Pt100 с точностью ±0.1°C.

Для сравнительной оценки эффективности разработанного протокола параллельно с основными экспериментами проводили контрольные культивирования рекомбинантного штамма в двух альтернативных режимах. Первый режим имитировал классические условия «без контроля параметров»: выращивание в конических колбах объемом 500 мл (рабочий объем 150 мл) на орбитальном шейкере при 37°C, 180 об/мин, без поддержания pH, с индукцией 1 мМ IPTG через 12 часов после начала роста. Второй режим — «низкая концентрация IPTG»: культивирование в аналогичных колбах, но с внесением индуктора в финальной концентрации 0,1 мМ. Все сравнительные эксперименты выполняли в тех же временных рамках (72 часа) и с использованием одного и того же инокулята из единого пула клеток, что обеспечивало сопоставимость результатов.

Измерение оптической плотности при 600 нм проводили при помощи спектрофотометра Shimadzu UV-1800. Определение количества жизнеспособных клеток проводили методом серийных десятикратных разведений в стерильном физиологическом растворе (0,9 % NaCl). Из каждого разведения отбирали аликвоту объемом 100 мкл и высевали на поверхность MRS-агара в чашках Петри. Посевы инкубировали в анаэробных условиях при 37°C в течение 48 часов. После инкубации проводили подсчет колониеобразующих единиц (КОЕ) в чашках. Количество жизнеспособных клеток в исходной суспензии рассчитывали с учетом коэффициента разведения объема высева. Концентрацию глюкозы определяли глюкозооксидазным методом при помощи набора Glucose Assay Kit, Sigma. Количественный анализ молочной кислоты определяли методом ВЭЖХ на колонке Aminex HPX-87H при 65°C с детектированием при 210 нм.

По завершении ферментации биомассу разделяли центрифугированием при 8000 g в течение 20 минут при 4°C с использованием центрифуги Sorvall RC-6 Plus. Супернатант концентрировали в 10 раз методом тангенциальной ультрафильтрации на системе Pellicon 2 (Millipore) с мембранами 10 кДа при 4°C и давлении 1,5 бар. Клеточный осадок ресуспендировали в буфере для лизиса (50 мМ Tris-HCl, pH 8,0, 1 мМ EDTA, 1 мг/мл лизоцима) и инкубировали 30 минут при 37°C с последующей ультразвуковой обработкой (Soniprep 150, 10 циклов по 30 секунд, амплитуда 10 мкм). Очистку рекомбинантных белков проводили аффинной хроматографией на Ni-NTA агарозе (HisTrap HP, Cytiva) с градиентным элюированием имидазолом (20—500 мМ в PBS, pH 7,4) при скорости потока 1 мл/мин. Фракции анализировали спектрофотометрически при 280 нм и объединяли по пикам.

Содержание IL-10 и IL-22 в культуральной жидкости и клеточных лизатах определяли методом иммуноферментного анализа (ELISA) с использованием коммерческих тест-систем (Bovine IL-10/IL-22 ELISA Kit, Thermo Scientific). Измерение оптической плотности проводили на планшетном

спектрофотометре при длине волны 450 нм. Концентрацию цитокинов рассчитывали по калибровочным кривым, построенным с использованием стандартных образцов, входящих в состав набора. Очищенные рекомбинантные белки анализировали методом SDS-PAGE в 12 % полиакриламидном геле с окрашиванием Кумасси R-250.

Все эксперименты проводили в трех биологических повторностях. Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение. Статистическую значимость различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента ($p<0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Трехэтапный режим культивирования в биореакторе с автоматическим контролем параметров позволил значительно улучшить кинетику роста рекомбинантного штамма *Lactobacillus spp.* и продуктивность синтеза целевых белков. В фазе роста (0—12 часов) поддерживались оптимальные условия для накопления биомассы: температура 37°C, pH 6,8, скорость перемешивания 200 об/мин и аэрация 0,5 vvm. Это обеспечило быстрое достижение экспоненциальной фазы роста, о чём свидетельствует интенсивное увеличение оптической плотности культуры (OD_{600}). К моменту индукции (12 часов) значение OD_{600} достигало 0,6, что указывало на достаточную плотность клеток для запуска экспрессии. Статистический анализ подтвердил достоверность различий между показателями, полученными при разных режимах культивирования ($p<0,05$ для всех сравниваемых пар данных).

На фазе индукции (12—48 часов) внесение 1 мМ IPTG при одновременном снижении температуры до 30°C и увеличении скорости перемешивания до 400 об/мин способствовало эффективному запуску синтеза рекомбинантных белков. Снижение температуры минимизировало образование белковых агрегатов и повысило выход нативных форм IL-10 и IL-22. Поддержание pO_2 на уровне 30 % от насыщения путём каскадного регулирования аэрации (0,5—1,0 vvm) и перемешивания (300—500 об/мин) обеспечивало адекватное снабжение клеток кислородом без возникновения оксидативного стресса. В фазе продукции (48—72 часа) наблюдалось значительное накопление целевых белков в культуральной жидкости и клеточной биомассе.

Мониторинг параметров среды показал, что автоматическая коррекция pH и pO_2 позволила поддерживать их в оптимальном диапазоне на протяжении всего процесса, что исключило метаболический стресс и обеспечило высокую жизнеспособность клеток (>90 % в течение 48 часов). Концентрация глюкозы в среде постепенно снижалась, а уровень молочной кислоты возрастал, что соответствовало ожидаемому метаболическому профилю лактобактерий.

По завершении ферментации был проведён анализ выхода целевых белков. Концентрация IL-10 в культуральной жидкости после тангенциальной ультрафильтрации составила 120±15 мг/л, а IL-22 — 95±10 мг/л. Очистка методом аффинной хроматографии на Ni-NTA агарозе позволила получить белки высокой степени чистоты: >95 % для IL-10 и >93 % для IL-22. Электрофоретический анализ (SDS-PAGE) подтвердил наличие белковых полос с молекулярными массами ~18,5 кДа (IL-10) и ~20,3 кДа (IL-22), что соответствовало ожидаемым значениям.

Специфическая активность IL-10 составила $1,2\times10^6$ ЕД/мг, а IL-22 — $8,5\times10^5$ ЕД/мг. Эти значения значительно превышали показатели, полученные для белков, синтезированных в неоптимизированных условиях (например, при культивировании в колбах или с низкой концентрацией IPTG), что подтвердило сохранение нативной конформации и функциональности белков.

Для оценки эффективности предложенного метода были проведены сравнительные эксперименты с использованием традиционных подходов (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что культивирование в колбах без контроля параметров привело к значительному снижению выхода белков: до 40±5 мг/л для IL-10 и 35±6 мг/л для IL-22. Их специфическая активность также была ниже: $6,5\times10^5$ ЕД/мг и $4,0\times10^5$ ЕД/мг, соответственно. Использование низкой концентрации IPTG (0,1 мМ) без оптимизации других параметров позволило несколько улучшить выход (60±7 мг/л для IL-10 и 52±8 мг/л для IL-22), но не обеспечило максимальной продуктивности и активности (табл. 1).

Только применение трёхэтапного режима в биореакторе с точным контролем параметров и

Таблица 1 — Сравнительный анализ методологии культивирования рекомбинантного штамма

Table 1 — Comparative analysis of the recombinant strain cultivation methodology

Условия экспрессии	Выход IL-10 (мг/л)	Активность IL-10 (ЕД/мг)	Выход IL-22 (мг/л)	Активность IL-22 (ЕД/мг)
Без контроля параметров	40±5	$6,5\times10^5$	35±6	$4,0\times10^5$
Низкая концентрация IPTG	60±7	$8,0\times10^5$	52±8	$5,2\times10^5$
Оптимальные условия	120±15	$1,2\times10^6$	95±10	$8,5\times10^5$

использованием 1 мМ IPTG позволило достичь максимальных показателей выхода и биоактивности целевых белков.

Эксперименты были повторены в трёх независимых биологических повторностях. Полученные данные продемонстрировали высокую воспроизводимость процесса: вариабельность выхода IL-10 составила от 108 до 132 мг/л (в среднем 120±12 мг/л), IL-22 — от 86 до 104 мг/л (в среднем 95±9 мг/л); разброс значений специфической активности не превышал 9 % для обоих цитокинов. Это свидетельствует о надёжности и стабильности предложенного метода оптимизации ферментации.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенное исследование позволило разработать и экспериментально обосновать усовершенствованный метод трехэтапного культивирования рекомбинантных штаммов Lactobacillus spp. в биореакторе с автоматическим контролем критических параметров, включая температуру, pH, уровень растворенного кислорода и аэрацию. Установлено, что предложенный подход обеспечивает значительное увеличение выхода целевых рекомбинантных белков IL-10 и IL-22 по сравнению с традиционным культивированием в колбах, что подтверждается достижением концентраций 120±15 мг/л и 95±10 мг/л соответственно. Ключевым фактором успешной экспрессии стало использование оптимальной концентрации индуктора IPTG (1 мМ) в сочетании с точным регулированием физико-химических параметров на этапах индукции и продукции, что позволило максимизировать продуктивность штамма при сохранении высокой жизнеспособности клеток (>90 %) и минимизации метаболического стресса.

Разработанный протокол очистки, включающий тангенциальную ультрафильтрацию и аффинную хроматографию, доказал свою эффективность для получения рекомбинантных IL-10 и IL-22 высокой степени чистоты (>95 % и >93 % соответственно) с сохранением их нативной конформации. Биологическая активность полученных белков составила $1{,}2\times10^6$ ЕД/мг для IL-10 и $8{,}5\times10^5$ ЕД/мг для IL-22, что свидетельствует о корректности посттрансляционных модификаций и отсутствии денатурации в процессе синтеза и очистки. Проведенные исследования продемонстрировали воспроизводимость и стабильность процесса при масштабировании, что подтверждает перспективность использования разработанной методики для промышленного производства рекомбинантных цитокинов в пробиотических системах доставки.

Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие технологий направленной оптимизации ферментационных процессов для пробиотических штаммов и открывают новые возможности для создания высокоэффективных продуцентов терапевтически значимых белков. Предложенная стратегия может быть успешно адаптирована для других рекомбинантных систем, что расширяет ее практическую значимость в области биотехнологии и биомедицины. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию процесса в промышленных масштабах и оценку функциональной активности полученных белков в модельных системах *in vivo*.

BIOREACTOR OPTIMIZATION OF HETEROLOGOUS PROTEIN CO-EXPRESSION IN A RECOMBINANT *LACTOBACILLUS SPP.* STRAIN

Samoylenko V. S. — PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Zoology and Parasitology (ORCID: 0000-0003-2730-2482); **Lapina A. A.** — Specialist in the Educational and Laboratory Complex. (ORCID: 0009-0002-5655-1170).

North Caucasus Federal University.

*viktor_samoylenko_26@mail.ru.

ABSTRACT. *The development of high-performance probiotic strains capable of synthesizing therapeutic proteins requires an integrated approach combining genetic engineering with optimization of fermentation conditions. In this study, an improved three-stage cultivation protocol for a recombinant Lactobacillus spp. strain co-expressing interleukins IL-10 and IL-22 was developed and validated in a bioreactor with automatic control of critical parameters, including pH, temperature, and dissolved oxygen. Recombinant strains transformed with the pLacDualIL10/IL22 plasmid were used. Cultivation was performed in a glass bioreactor (working volume 600 mL) equipped with automated monitoring and regulation of pH, temperature, and dissolved oxygen. A three-stage режим was implemented, consisting of a growth phase (37°C, pH 6.8), an induction phase (1 mM IPTG, 30°C), and a production phase. Protein purification was carried out by tangential flow ultrafiltration followed by affinity chromatography on Ni-NTA agarose. Quantitative determination of IL-10 and IL-22 was performed using ELISA; purity was assessed by SDS-PAGE, and biological activity was evaluated using a PBMC lymphocyte proliferation assay. Application of the three-stage strategy resulted in a significant increase in target protein yield, reaching 120±15 mg/L for IL-10 and 95±10 mg/L for IL-22, which is 2—3 times higher than that achieved in flask cultivation. Subsequent purification provided high-purity proteins (>95 % and >93 %, respectively) with preserved biological activity of $1{,}2\times10^6$ U/mg for IL-10 and $8{,}5\times10^5$ U/mg for IL-22. The proposed methodology demonstrates high reproducibility and efficiency, confirming its potential for scalable production of functional recombinant cytokines using a probiotic platform.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. He, Y. Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from yaks / Y. He, F. Li, M. Xu, Z. Wang, H. Li // Animal Diseases. — 2024. — Vol. 4, No. 1. — Art. 17. DOI: 10.1186/s44149-024-00124-z.

2. Wei, H. X. IL 10 and IL 22 in mucosal immunity: driving protection and pathology / H. X. Wei, B. Wang, B. Li // Frontiers in Immunology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 1315. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01315.

3. Zhang, J. Characterization of Lactobacillus spp. isolated from layer hens as probiotic candidates / J. Zhang, A. R. McWhorter, S. Khan, Y. Sun, J. Wang // BMC Veterinary Research. — 2025. — Vol. 21, No. 1. — Art. 416. DOI: 10.1186/s12917-025-04847-0.

4. Vandermies, M. Bioreactor scale strategies for the production of recombinant protein in the yeast Yarrowia lipolytica / M. Vandermies, P. Fickers // Microorganisms. — 2019. — Vol. 7, No. 2. — Art. 40. DOI: 10.3390/microorganisms7020040.

5. Wu, J. Genetic tools for the development of recombinant lactic acid bacteria / J. Wu, Y. Xin, J. Kong, T. Guo // Microbial Cell Factories. — 2021. — Vol. 20, No. 1. — Art. 118. DOI: 10.1186/s12934-021-01607-1.

6. Yang, Y. Metabolic engineering of Lactobacilli spp. for disease treatment / Y. Yang, P. Yu, Y. Huang, W. Zhang, Y. Nie, C. Gao // Microbial Cell Factories. — 2025. — Vol. 24, No. 1. — Art. 53. DOI: 10.1186/s12934-025-02682-4.

7. Rudolph, S. E. Set up and utilization of a three dimensional in vitro bioreactor system for human intestinal studies and microbial co cultures / S. E. Rudolph, E. Bethi, L. Iglesias Ledon, H. U. Kumarasinghe, O. Da'darah, G. K. Salgam, K. C. Vieira, Y. Chen, D. L. Kaplan // Current Protocols. — 2024. — Vol. 4, No. 9. — Art. e70013. DOI: 10.1002/cpz1.70013.

8. Tian, X. Application of 8 parallel micro bioreactor system with non invasive optical pH and DO biosensor in high throughput screening of L lactic acid producing strain / X. Tian, G. Zhou, W. Wang, J. Zhang, Y. Cai // Bioresources and Bioprocessing. — 2018. — Vol. 5, No. 1. — Art. 20. DOI: 10.1186/s40643-018-0207-7.

REFERENCES

1. He, Y. Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from yaks / Y. He, F. Li, M. Xu, Z. Wang, H. Li // Animal Diseases. — 2024. — Vol. 4, No. 1. — Art. 17. DOI: 10.1186/s44149-024-00124-z.

2. Wei, H. X. IL 10 and IL 22 in mucosal immunity: driving protection and pathology / H. X. Wei, B. Wang, B. Li // Frontiers in Immunology. — 2020. — Vol. 11. — Art. 1315. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01315.

3. Zhang, J. Characterization of Lactobacillus spp. isolated from layer hens as probiotic candidates / J. Zhang, A. R. McWhorter, S. Khan, Y. Sun, J. Wang // BMC Veterinary Research. — 2025. — Vol. 21, No. 1. — Art. 416. DOI: 10.1186/s12917-025-04847-0.

4. Vandermies, M. Bioreactor scale strategies for the production of recombinant protein in the yeast Yarrowia lipolytica / M. Vandermies, P. Fickers // Microorganisms. — 2019. — Vol. 7, No. 2. — Art. 40. DOI: 10.3390/microorganisms7020040.

5. Wu, J. Genetic tools for the development of recombinant lactic acid bacteria / J. Wu, Y. Xin, J. Kong, T. Guo // Microbial Cell Factories. — 2021. — Vol. 20, No. 1. — Art. 118. DOI: 10.1186/s12934-021-01607-1.

6. Yang, Y. Metabolic engineering of Lactobacilli spp. for disease treatment / Y. Yang, P. Yu, Y. Huang, W. Zhang, Y. Nie, C. Gao // Microbial Cell Factories. — 2025. — Vol. 24, No. 1. — Art. 53. DOI: 10.1186/s12934-025-02682-4.

7. Rudolph, S. E. Set up and utilization of a three dimensional in vitro bioreactor system for human intestinal studies and microbial co cultures / S. E. Rudolph, E. Bethi, L. Iglesias Ledon, H. U. Kumarasinghe, O. Da'darah, G. K. Salgam, K. C. Vieira, Y. Chen, D. L. Kaplan // Current Protocols. — 2024. — Vol. 4, No. 9. — Art. e70013. DOI: 10.1002/cpz1.70013.

8. Tian, X. Application of 8 parallel micro bioreactor system with non invasive optical pH and DO biosensor in high throughput screening of L lactic acid producing strain / X. Tian, G. Zhou, W. Wang, J. Zhang, Y. Cai // Bioresources and Bioprocessing. — 2018. — Vol. 5, No. 1. — Art. 20. DOI: 10.1186/s40643-018-0207-7.

УДК: 619:615.9:616-085.37
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.142

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕБНОЙ СЫВОРОТКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИКОТОКСИНОВ *FUSARIUM*

Мишина Н. Н.* — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. микотоксинов (ORCID 0000-0002-9312-0970); **Матросова Л. Е.** — д-р биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. микотоксинов (ORCID 0000-0001-7428-7882); **Танасева С. А.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. микотоксинов (ORCID 0000-0003-1295-6184); **Ермолаева О. К.** — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. микотоксинов (ORCID 0000-0002-9938-6868); **Сагдеева З. Х.** — канд. биол. наук, научный сотрудник (ORCID 0000-0002-8670-1742); **Ерохондина М. А.** — млад. науч. сотр. лаб. микотоксинов (ORCID 0000-0001-6971-1618).

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности.

* Mishinanailyan@yandex.ru.

Ключевые слова: *Fusarium, микотоксины, кровь, крысы, лечебная сыворотка.*

Keywords: *Fusarium, mycotoxins, blood, rats, therapeutic serum.*

Финансирование: *работа выполнена за счет гранта, предоставленного 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 22.12.2025 № 4/2025-ПД-ВНИВИ.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Грибы рода Fusarium распространены повсеместно в различных экологических нишах и являются важными патогенами для растений, животных и человека. Среди множества родов, продуцирующих микотоксины, наиболее распространены фузариоидные грибы, которые продуцируют различные типы микотоксинов. Целью настоящих исследований являлась оценка эффективности применения лечебной сыворотки при воздействии токсинов Fusarium (Т-2 токсин, дезоксиниваленол, зеараленон и фумонизин В1). Эксперимент проводили на 24 белых крысах, разделенных по принципу аналогов на 4 группы (n=6). Животные первой (биологический контроль) и четвертой группы (контроль безвредности исследуемого средства) получали корм, не содержащий микотоксины. Вторая группа получала корм, содержащий смесь фузариотоксинов на уровне двухкратных предельно-допустимых концентраций (ПДК): Т-2 токсин — 0,2 мг/кг, дезоксиниваленол — 2 мг/кг, зеараленон — 2 мг/кг, фумонизин В1 — 10 мг/кг. Белым крысам третьей группы на фоне введения микотоксинов Fusarium на 1, 7, 14-е сутки внутримышечно вводили лечебную сыворотку в дозе 0,3 см³ на 1 кг массы тела. Четвертой группе животных по аналогичной схеме вводили внутримышечно лечебную сыворотку. Проведённые исследования показали, что при комбинированном воздействии токсинов грибов рода Fusarium в концентрации, соответствующей 2 ПДК, у лабораторных животных развиваются токсические эффекты. Они проявляются следующими изменениями: гематологическими (снижение количества форменных элементов крови и уровня гемоглобина), биохимическими (снижение содержания общего белка и глюкозы, повышение концентрации билирубина и активности аминотрансфераз). Кроме того, отмечается усиление процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и соответственно повышение уровня малонового диальдегида (МДА) на 15,3 % (p<0,01), по сравнению с данными группы контроля. Все это привело к накоплению Т-2 токсина в печени подопытных животных количестве 15,00±3,55 мг/кг. Внутримышечное введение лечебной сыворотки на фоне поступления микотоксинов снижало токсическое воздействие фузариотоксинов. Так у животных, получавших смесь фузариотоксинов и лечение в виде лечебной сыворотки, содержание Т-2 токсина было снижено в 2,7 раза по сравнению со второй группой.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Микотоксины — это вторичные метаболиты микроскопических грибов, которые естественным образом загрязняют зерновые культуры. Продуцирование грибами микотоксинов зависит от условий окружающей среды, методов выращивания и хранения сельскохозяйственных культур. Количество токсина зависит от физических (влажность, температура, механические повреждения), химических (применение инсектицидов и фунгицидов) и биологических факторов (сорт растений, количества спор и т. д.) [1].

Грибы рода *Fusarium* распространены повсеместно в различных экологических нишах и являются важными патогенами для растений, животных и человека. Среди множества родов, продуцирующих микотоксины, наиболее распространены фузариоидные грибы, которые продуцируют различные типы микотоксинов [2].

Fusarium — космополитный гриб, который был классифицирован как более 300 филогенетически различных видов, 20 видовых комплексов и 9 монотипических линий [3]. С момента своего описания в 1809 году, род *Fusarium* приобретает все большее значение для человека, особенно в области фитопатологии, учитывая большое количество видов растений, поражаемых этими грибами.

Фузарии также значительно ухудшают качество зерна (потеря сухого вещества, обесцвечивание, деградация липидов и белков), производство продуктов питания (качество выпечки и соложения), производство семян (потеря всхожести) и хранение зерна (нагрев зерна, выделение неприятных запахов) [4].

Грибы рода *Fusarium* при определенных условиях окружающей среды продуцируют наиболее токсичные микотоксины — трихотеценовые токсины (Т-2 токсин, дезоксиниваленол), фумонизин В1 и зеараленон [5—7]. Вышеперечисленные микотоксины регламентированы в нашей стране. Микотоксины *Fusarium* — это одна из групп микотоксинов, которые с большой вероятностью могут проявляться совместно [8—10]. Учитывая распространение и опасность фузариотоксинов наибольшую актуальность приобретает изыскание новых эффективных средств профилактики и терапии. В ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» разработали новый иммунобиологический препарат — лечебная сыворотка для лечения и профилактики микотоксикозов животных.

Целью настоящих исследований являлась оценка эффективности применения лечебной сыворотки при воздействии токсинов *Fusarium* (Т-2 токсин, дезоксиниваленол, зеараленон и фумонизин В1).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Объектом исследования являлась лечебная сыворотка для лечения и профилактики микотоксикозов животных и птиц, полученная по схеме, описанной в более ранней работе [11]. Эксперимент проводили на 24 белых крысах, разделенных по принципу аналогов на 4 группы (n=6). Животные первой (биологический контроль) и четвертой групп (контроль безвредности исследуемого средства) получали корм, не содержащий микотоксины. Вторая группа получала корм, содержащий смесь фузариотоксинов на уровне 2 ПДК (Т-2 токсин — 0,2 мг/кг, дезоксиниваленол — 2 мг/кг, зеараленон — 2 мг/кг, фумонизин В1 — 10 мг/кг). Белым крысам третьей группы на фоне введения микотоксинов *Fusarium* на 1, 7, 14-е сутки внутримышечно вводили лечебную сыворотку дозе 0,3 $см^3$ на 1 кг массы тела. Четвертой группе животных по аналогичной схеме вводили внутримышечно лечебную сыворотку. Продолжительность эксперимента составила 30 суток.

Образцы крови были протестированы с помощью автоматических анализаторов (Mythik 18, Microlab 300). Взвешивание животных осуществляли на лабораторных весах ВМ — 512.

Степень интенсивности процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по накоплению вторичных продуктов ПОЛ — малонового диальдегида (МДА) в реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой [12].

Определение содержания Т-2 токсина в печени проводили с помощью метода иммуноферментного анализа (ИФА), пробоподготовку образцов проб печени проводили по методике: печень гомогенизировали, высушивали в потоке теплого воздуха, добавляли смесь эстрагента в соотношении 1:10, и по истечении времени инкубации центрифугировали и супернатант использовали в анализе [13].

Эксперименты на животных проводились в соответствии со строгими правилами ухода и экспериментального использования (правила Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и международные правила) и были одобрены местным комитетом по этике Федерального государственного бюджетного научного учреждения «ФЦТРБ-ВНИВИ».

Обработку цифрового материала проводили методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту на персональном компьютере с использованием программ Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Комбинированное поступление токсинов *Fusarium* (Т-2 токсин, дезоксиниваленол, зеараленон и фумонизин В1) сопровождалось снижением потребления корма и соответственно снижением массы тела.

На рисунке 1 представлена динамика массы тела животных при воздействии токсинов *Fusarium* и введении лечебной сыворотки.

Из рисунка видно, что самый низкий прирост живой массы на 30 сутки эксперимента регистрировали у белых крыс, получавших смесь токсинов *Fusarium*. Живая масса подопытных животных второй группы была ниже, чем у биологического контроля на 19,2 % ($p<0,01$). У животных, кото-

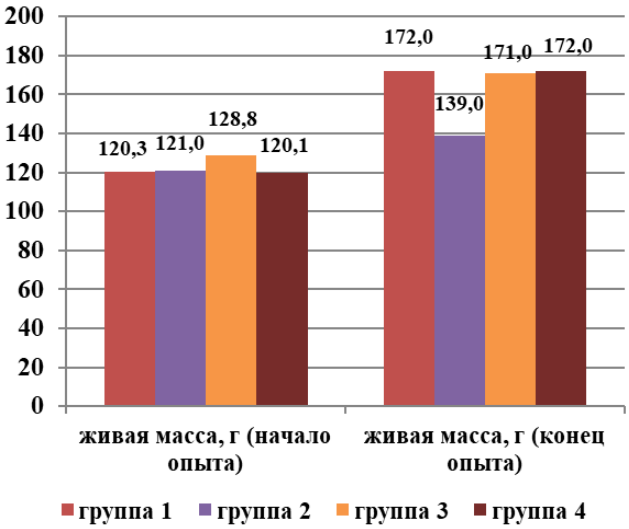


***Рисунок 1** — Живая масса белых крыс при воздействии токсинов Fusarium и введении лечебной сыворотки (n=6).*

***Figure 1** — Body weight of white rats exposed to Fusarium toxins and treated with a therapeutic serum (n=6).*

Таблица 1 — Гематологические показатели крови белых крыс при воздействии токсинов *Fusarium* и введении лечебной сыворотки (n=6)

Table 1 — Hematological parameters of white rats exposed to *Fusarium* toxins and treated with a therapeutic serum (n=6)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Лейкоциты, $x10^9$/л	7,10±0,01	6,60±0,07*	6,72±0,04	7,21±0,02
Эритроциты, $x10^{12}$/л	6,90±0,07	6,05±0,04*	6,33±0,03	6,82±0,10
Тромбоциты, $x10^9$/л	707,80±7,43	559,16±5,16***	606,86±4,49	705,68±6,97
Гемоглобин, г	110,20±0,23	97,82±0,17*	104,91±0,14	110,09±0,18

** p<0,05 в сравнении с группой биологического контроля.*

**** p<0,001 в сравнении с группой биологического контроля.*

рым вводили лечебную сыворотку, прирост также снижался, но менее заметно. Разница в сравнении с биологическим контролем к концу эксперимента составила 1,13 %. У животных, которым вводили только лечебную сыворотку (4-ая группа), не отмечали достоверных изменений прироста живой массы, в сравнении с биологическим контролем.

Гематологические показатели крови белых крыс, при сочетанном воздействии микотоксинов *Fusarium* и введении лечебной сыворотки, представлены в таблице 1.

Достоверные изменения гематологических показателей наблюдали в группе белых крыс, получавших смесь фузариотоксинов. Количество лейкоцитов в конце эксперимента у животных второй группы был ниже по сравнению с контрольной на 7,04 % (p<0,05). Значения количества эритроцитов во второй группе было достоверно (p<0,05) ниже по сравнению с таковыми в контрольной группе на 12,3 %. У белых крыс второй группы, получавших Т-2 токсин, зеараленон, дезоксиниваленол и фумонизин В1 регистрировали снижение количества тромбоцитов — 21,0 % (p<0,001). Уровень гемоглобина был значительно ниже (p<0,05) у животных второй группы (11,2 %).

Снижение количества эритроцитов и гемоглобина может быть вызвана подавлением синтеза белка и угнетением кроветворения в костном мозге и снижением эффективности конверсии корма, что приводит к дефициту железа из-за подавления его всасывания животных, получавших токсины. Снижение общего количества лейкоцитов (лейкопения) связано с уменьшением количества циркулирующих лимфоцитов (лимфоцитопения).

Положительное влияние на нормализацию гематологических показателей белых крыс при воздействии микотоксинов *Fusarium* оказало внутримышечное введение лечебной сыворотки. Количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина у животных третьей группы было ниже на 8,2; 5,3 и 4,8 %, соответственно. Количество тромбоцитов было ниже, чем в контроле на 14,3 % (p<0,05).

Достоверных изменений гематологических показателей у животных четвертой группы, которым давали корм, не содержащий смесь микотоксинов, и вводили внутримышечно лечебную сыворотку, не регистрировали.

Биохимические показатели крови белых крыс, при сочетанном воздействии микотоксинов *Fusarium* и введении лечебной сыворотки, представлены в таблице 2.

Биохимический анализ крови белых крыс показал значительное снижение общего белка в группе, получавших комбинацию фузариотоксинов. Уровень общего белка у животных второй группы был ниже, чем в контроле на 23,3 % (p<0,001). Отмечае-

Таблица 2 — Биохимические показатели крови белых крыс при воздействии токсинов *Fusarium* и введении лечебной сыворотки (n=6)

Table 2 — Biochemical parameters of white rats' blood when exposed to *Fusarium* toxins and administered therapeutic serum (n=6)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
АЛТ, Ед/л	48,50±0,16	65,28±0,27***	56,94±0,11*	48,74±0,09
АСТ, Ед/л	181,20±3,46	219,10±5,17***	203,49±5,68	183,37±2,42
Общий билирубин, мкмоль /л	1,86±0,01	2,46±0,04***	2,20±0,05*	1,88±0,02
Глюкоза, ммоль/л	7,30±0,05	6,24±0,02*	6,58±0,07	7,29±0,04
Общий белок, г/л	74,01±1,19	56,83±0,06***	64,24±0,08	73,86±1,02

** p<0,05 в сравнении с группой биологического контроля.*

**** p<0,001 в сравнении с группой биологического контроля.*

мая при воздействии микотоксинов гипопротеинемия связана с подавлением синтеза белка.

У животных второй группы регистрировали снижение уровня глюкозы на 14,5 % ($p<0,05$), повышение билирубина на 32,2 % ($p<0,001$).

Наблюдалось значительное влияние ($p<0,001$) комбинации Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола и фумонизина В1 на активность ферментов аланинаминотрансферазы (34,5 %) и аспартатаминотрансферазы (20,9 %), что указывает на высокую степень повреждения внутренних органов и гепатотоксическое действие микотоксинов.

В третьей группе, с внутримышечным введением лечебной сыворотки, содержание белка было снижено на 13,2 %, глюкозы на 9,8 %, повышение билирубина на 18,3 % ($p<0,05$). АЛТ и АСТ были выше значений показаний группы контроля на 17,4 % ($p<0,05$) и 12,3 %.

К механизмам патогенного действия микотоксинов, наряду с нарушением синтеза белка и нуклеиновых кислот, индукцией апоптоза (запрограммированной гибели клеток) также относят усиление ПОЛ. В результате ПОЛ образуется конечный продукт деградации полиненасыщенных жирных кислот — МДА. Уровень МДА у животных второй группы имело статистически значимое отличие от показателя группы контроля (рис. 2) — превышение составило 15,3 % ($p<0,01$). Тогда как при использовании лечебной сыворотки уровень МДА относительно данных контроля повысился на 7,2 %, что говорит о снижении интенсивности уровня ПОЛ, и соответственно токсического действия микотоксинов.

При анализе образцов печени животных, получавших смесь токсинов *Fusarium*, обнаружили наличие Т- 2 токсина в количестве 15,00±3,55 мг/кг. У животных, получавших смесь фузариотоксинов и лечение в виде лечебной сыворотки, содержание Т-2 токсина было снижено в 2,7 раза ($p<0,001$) и составило 5,55±0,64 мг/кг.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведённые исследования показали, что при комбинированном воздействии токсинов грибов рода *Fusarium* в концентрации, соответствующей 2 ПДК, у лабораторных животных развиваются токсические эффекты. Они проявляются следующими изменениями: гематологическими (снижение количества форменных элементов крови и уровня гемоглобина), биохимическими (снижение содержания общего белка и глюкозы, повышение концентрации билирубина и активности аминотрансфераз). Кроме того, отмечается усиление процессов ПОЛ и соответственно повышение уровня МДА на 15,3 % ($p<0,01$), по сравнению с данными группы контроля. Все это привело к накоплению Т-2 токсина в печени подопытных животных количестве 15,00±3,55 мг/кг.

Внутримышечное введение лечебной сыворотки на фоне поступления микотоксинов снижало токсическое воздействие фузариотоксинов. Так у животных, получавших смесь фузариотоксинов и лечение в виде лечебной сыворотки, содержание Т-2 токсина было снижено в 2,7 раза по сравнению со второй группой.

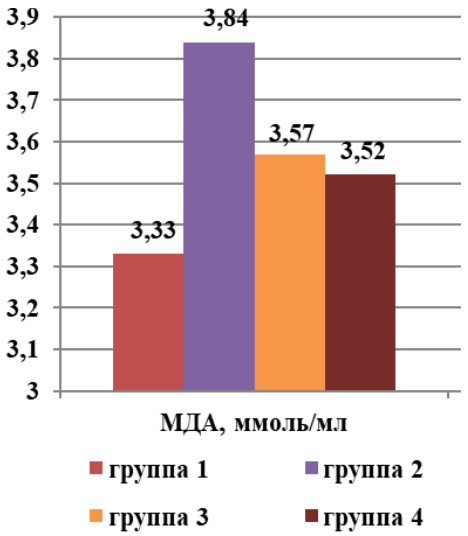


***Рисунок 2** — Уровень МДА в сыворотке белых крыс при воздействии токсинов Fusarium и введении лечебной сыворотки (n=6).*

***Figure 2** — MDA level in the serum of white rats exposed to Fusarium toxins and administered therapeutic serum (n=6).*

THE EFFECTIVENESS OF ANTITOXIC SERUM WHEN EXPOSED TO FUSARIM MYCOTOXINS

Mishina N. N.* — Ph.D. biol. Sciences, Leading Researcher Mycotoxin laboratory (ORCID 0000-0002-9312-0970); **Matrosova L. E.** — Dr. of Biol. Sci., Leading Researcher Mycotoxin laboratory (ORCID 0000-0001-7428-7882); **Tanaseva S. A.** — PhD in Biology, Leading researcher at the Mycotoxins Laboratory (ORCID 0000-0003-1295-6184); **Ermolaeva O. K.** — Ph.D. of Biol. Sci., Senior Researcher Mycotoxin laboratory (ORCID 0000-0002-9938-6868); **Sagdeeva Z. Kh.** — Ph.D. of Biol. Sci., Researcher (ORCID 0000-0002-8670-1742); **Erokhondina M. A.** — young scientific co-workers lab. Mycotoxins (ORCID 0000-0001-6971-1618).

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety.

* Mishinanailyan@yandex.ru.

Financing: this work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, research institutions, and other organizations to support human resource development plans in terms of stimulating their research and teaching staff to defend doctoral dissertations and conduct research. (Agreement No. 4/2025-PD-VNIVI, dated December 22, 2025.).

ABSTRACT. *Fusarium fungi are ubiquitous in various ecological niches and are important pathogens for plants, animals, and humans. Fusarium fungi, which produce various types of mycotoxins, are the most common among the many genera that produce mycotoxins. The purpose of these studies was to evaluate the effectiveness of the use of antitoxic serum when exposed to Fusarium toxins (T-2 toxin, deoxynivalenol, zearalenone and fumonisin B1). The experiment was performed on 24 white rats, divided into 4 groups according to the principle of analogues (n=6). The animals of the first (biological control) and fourth groups (control of the harmlessness of the studied agent) received food that did not contain mycotoxins. The second group received a feed containing a mixture of fusariotoxins at the level of twice the maximum permissible concentration (MPC): T-2 toxin — 0,2 mg/kg, deoxynivalenol — 2 mg/kg, zearalenone — 2 mg/kg, fumonisin B1 — 10 mg/kg. On days 1, 7, and 14, white rats of the third group were intramuscularly injected with antitoxic serum at a dose of 0,3 cm^3 per 1 kg of body weight against the background of Fusarium mycotoxins. The fourth group of animals was injected with antitoxic serum according to a similar scheme. Studies have shown that combined exposure to Fusarium toxins at concentrations corresponding to 2 MPC in laboratory animals results in toxic effects. These include hematological changes (decreased blood counts and hemoglobin levels) and biochemical changes (decreased total protein and glucose levels, increased bilirubin concentrations, and increased aminotransferase activity). Furthermore, increased lipid peroxidation (LPO) and a corresponding increase in malondialdehyde (MDA) levels by 15,3 % ($p<0,01$) were observed compared to the control group. This led to the accumulation of T-2 toxin in the liver of the experimental animals, reaching 15,00±3,55 mg/kg. Intramuscular administration of therapeutic serum during mycotoxin administration reduced the toxic effects of fusariotoxins. Thus, in animals receiving a fusariotoxin mixture and therapeutic serum, T-2 toxin levels were reduced by 2,7 times compared to the control group.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Biodiversity of mycelial fungi in fresh water in the territory of the park «Mari Chodra» of the Russian Federation / R. M. Potekhina [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. — 2020. — Vol. 11. — № 12. — P. 1464—1472. DOI 10.31838/srp.2020.12.217.

2. Видовое разнообразие комплекса *Fusarium solani (Neocosmospora)* и их патогенность для растений и человека / Г. Д. Соколова [и др.] // Микология и фитопатология. — 2022. — Т. 56 — № 1. — С. 3—15.

3. DNA sequence—based identification of Fusarium: current status and future directions / K.O'Donnell [et al.] // Phytoparasitica. — 2015. — № 43. — P. 583—595. DOI: 10.1007/s12600-015-0484-z.

4. Study of antagonism of endophytic bacterial isolates against Fusarium sporotrichioides / I. I. Idiyatov, N. I. Khammadov, A.I. Eroshin [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. — 2021. — Vol. 8, №4. — P. 3550—3565.

5. Изучение защитного действия профилактических комплексов на ультраструктуру гепатоцитов кроликов при сочетанном микотоксикозе / Е. Ю. Тарасова [и др.] // Ветеринарный врач. — 2023. — №1. — С. 57—63. DOI: 10.33632/1998-698X_2023_1_57

6. Оценка качества мяса овец при Т-2 микотоксикозе на фоне применения антиоксидантов / Э.К. Папуниди [и др.] // Мясная индустрия. — 2014. — №5. — С. 48—49.

7. Частота развития язвенных процессов в слизистой оболочке желудка свиней, обусловленных воздействием микотоксинов и колонизацией бактериями рода Helicobacter / Ф. М. Нургалиев, Э. И. Семенов и др. // Ветеринарный врач. — 2020. — № 2. — С. 31—38. DOI 10.33632/1998—698X.2020-2-31-38.

8. Эффективность энтеросорбентов различной природы при полимикотоксикозе свиней / Н.Н. Мишина [и др.] // Ветеринария. — 2020. — №11. — С. 49—53. DOI 10.30896/0042—4846.2020.23.11.49-53.

9. Влияние комбинированного действия микотоксинов и ионизирующего излучения на аллергическую сенсибилизацию / Э.И. Семенов [и др.] // Ветеринарный врач. — 2023. — №2. — С. 60—69.

REFERENCES

1. Biodiversity of mycelial fungi in fresh water in the territory of the park «Mari Chodra» of the Russian Federation / R.M. Potekhina [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. — 2020. — Vol.11. — №12. — P. 1464—1472. DOI 10.31838/srp.2020.12.217.

2. Species diversity of the Fusarium solani (Neocosmospora) complex and their pathogenicity for plants and humans / G. D. Sokolova [et al.] // Mycology and Phytopathology. — 2022. — Vol. 56 — №1. — P. 3—15. (In Russ.).

3. DNA sequence—based identification of Fusarium: current status and future directions / K. O'Donnell [et al.] // Phytoparasitica. — 2015. — № 43. — P. 583—595. DOI: 10.1007/s12600-015-0484-z.

4. Study of antagonism of endophytic bacterial isolates against Fusarium sporotrichioides / I. I. Idiyatov, N. I. Khammadov, A.I. Eroshin [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. — 2021. — Vol. 8, №4. — P. 3550—3565.

5. Study of the protective effect of preventive complexes on the ultrastructure of rabbit hepatocytes in combined mycotoxicosis / E. Y. Tarasova [et al.] // Veterinarian. — 2023. — № 1. — P. 57—63. DOI: 10.33632/1998-698X_2023_1_57 (In Russ.)

6. Evaluation of the quality of sheep meat in T-2 mycotoxicosis against the background of the use of antioxidants / E. K. Papunidi [et al.] // Meat industry. — 2014. — №5. — P. 48—49. (In Russ.)

7. Gastric ulcer in pigs and changes in the number of bacteria of the genus helicobacter under the mycotoxins influence / F. M. Nurgaliev, E. I. Semenov, O. K. Pozdeev, P. V. Sofronov // The Veterinarian — 2020. — № 2. — C. 31—38. DOI 10.33632/1998—698X.2020-2-31-38. (In Russ.).

8. The effectiveness of enterosorbents of various nature in pig polymycotoxicosis / N.N. Mishina [et al.] // Veterinary. — 2020. — № 11. — P. 49—53. DOI 10.30896/0042-4846.2020.23.11.49-53. (In Russ.).

9. The effect of the combined action of mycotoxins and ionizing radiation on allergic sensitization / E. I. Semenov [et al.] // The Veterinarian. — 2023 — № 2. —P. 60—69. (In Russ.).

10. Токсичность свинца и Т-2 токсина при их совместном поступлении в организм животных / Д.Р. Сагдеев // Ветеринарный врач. — 2021. — №6. — С. 61—65. DOI: 10.33632/1998-698X.2021-6-61-66.

11. Патент № 2804773 C1 Россия, МПК A61K 35/00. Способ получения лечебной сыворотки для терапии микотоксикозов животных : заявл. 25.04.2023 : опубл. 05.10.2023 / Э. И. Семенов и др.; заявитель Фед. гос. бюджетное научное учреждение «Фед. центр токсикологической, радиационной и биол.безопасности».

12. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / И. П. Кондрахин [и др.] // справочник М.: Колос, 2004. — 520 с.

13. Гулюшин, С. Ю. Иммуноферментный анализ цитринина и охратоксина А в контаминированных тканях птицы / С. Ю. Гулюшин, А. А. Буркин, Г. П. Кононенко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2011. — № 1. — С. 58—60.

10. The toxicity of lead and T-2 toxin when they enter the animal body together / D. R. Sagdeev // The Veterinarian. — 2021 — № 6. — P. 61—65. DOI: 10.33632/1998-698X.2021-6-61-66 (In Russ.).

11. Method for obtaining medicinal serum for the treatment of animal mycotoxicosis / E. I. Semenov, N. N. Mishina, Z. KH. Sagdeeva [et al.] // applicant: Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety. (In Russ.).

12. Kondrakhin, I. P. Methods of Veterinary Clinical Laboratory Diagnostics / I. P. Kondrakhin [et al.] // Handbook. Moscow: Kolos, 2004. 520 p. (In Russ.).

13. Gulyushin, S. Yu. Immunoenzyme Analysis of Citrinin and Ochratoxin A in Contaminated Poultry Tissues / S. Yu. Gulyushin, A. A. Burkin, and G. P. Kononenko // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. — 2011. — № 1. — P. 58—60 (In Russ.).

УДК: 615.9:611.018:57.043
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.148

НЕЙРОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА МОЗГ КРЫС ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Гизатуллина А. А.*[1] — млад. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7321-0864); **Якупова Т. Г.**[1] — науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1236-8246); **Каримов Д. Д.**[1,2] — канд. биол. наук, зав. лабораторией генетики, доцент кафедры биохимии, биотехнологии и физиологии (ORCID 0000-0002-1962-2323); **Мухаммадиева Г. Ф.**[1] — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7456-4787); **Хмель А. О.** – млад. науч. сотр. (0009-0008-3068-3961); **Усманова Э. Н.** – млад. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5455-6472); **Смолянкин Д. А.**[1] — науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7957-2399); **Каримов Д. О.**[1,3] — канд. мед. наук, зав. отделом, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-0039-6757).

[1]ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

[2]ФГБОУ ВО «УУНиТ».

[3]ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко».

*alinagisa@yandex.ru.

Ключевые слова: *гидроксид алюминий, хронический эксперимент, водный тест Морриса, гистоморфология мозга.*

Keywords: *aluminum hydroxide, chronic experiment, Morris water test, brain histomorphology.*

Финансирование: *Отраслевая научно-исследовательская программа Роспотребнадзора на 2021—2025 годы «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России», тема 6.9.1.2 «Изучение воздействия химического производственного фактора в условиях хронического стресса» № НИОКТР И124021200153–3.*

Поступила в редакцию / Received: 27.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Гидроксид алюминия [$Al(OH)_3$] широко применяется в медицине как компонент антацидных препаратов и адъювант в вакцинах. При этом вопросы его безопасности при хронической алиментарной экспозиции остаются предметом дискуссии, особенно в контексте потенциального накопления в ЦНС и нейротоксических эффектов. Алюминий является одним из широко распространенных металлов, воздействие которого на центральную нервную систему вызывает серьезную научную озабоченность. Целью данного исследования была комплексная оценка влияния хронического введения гидроксида алюминия на нейроповеденческие характеристики, гистоморфологическую структуру и обмен эссенциальных элементов в головном мозге крыс. В работе использовалась модель хронической алиментарной экспозиции с применением различных доз алюминия. Результаты показали дозозависимое накопление алюминия в мозге и статистически значимое повышение уровня магния при высоких дозах. Изменение содержания железа оказывало неоднозначный характер, а уровень кальция оставался стабильным. Поведенческие тесты не выявили достоверных когнитивных нарушений, указывают на сохранение когнитивной устойчивости животных при хроническом воздействии выбранных доз алюминия. Проведенная оценка гистологических препаратов не обнаружила признаков выраженной нейродегенерации или грубых структурных патологий в образцах ткани мозга. Важным ограничением данного этапа работы является отсутствие стандартизированного отбора идентичных зон коры для всех животных, что не позволяет сделать количественные сравнительные выводы о нейродегенеративных изменениях. Таким образом, полученные данные расширяют представления о многоаспектном нейротоксическом эффекте алюминия при хронической экспозиции и подчёркивают необходимость дальнейших исследований механизмов его действия на функцию и структуру головного мозга.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Гидроксид алюминия [$Al(OH)_3$] широко применяется в медицине как компонент антацидных препаратов и адъювант в вакцинах. При этом вопросы его безопасности при хронической алиментарной экспозиции остаются предметом дискуссии, особенно в контексте потенциального накопления в ЦНС и нейротоксических эффектов.

Алюминий считается одним из наиболее широко распространённых элементов в окружающей среде и пище человека, однако его потенциальное накопление и токсические эффекты в центральной нервной системе вызывают растущий интерес исследователей. Современные систематические обзоры и доклинические исследования демонстрируют, что хроническая экспозиция алюминия способна

приводить к его кумуляции в различных отделах мозга с последующим развитием морфологических изменений и когнитивных нарушений [1, 2].

Под воздействием алюминия у грызунов отмечается снижение пространственной и рабочей памяти, ухудшение показателей поисковой активности в тестах на оценку когнитивных способностей [3]. При этом выраженность когнитивных и гистологических сдвигов напрямую зависит от дозы, длительности воздействия, возраста животных и влияний других факторов [4].

Кумуляция алюминия неоднократно связывается с активацией окислительного стресса, нарушением сигнальных путей IRS1/PI3K/AKT, деградацией структуры нейронов, апоптозом и снижением синаптической пластичности [5]. В работах последних лет особенно подчёркивается роль элементного баланса: изменения содержания магния, кальция, железа, меди и цинка способны существенно модифицировать проявления токсического действия алюминия на мозг [6]. Отмечается, что магний выполняет нейропротекторную функцию, противодействует кальций-связанному эксцитотоксическому повреждению, а недостаток железа и кальция способствует росту нейровоспаления, нарушению когнитивных процессов и усилению неврологических симптомов [7, 8].

Некоторые авторы показывают, что при длительном поступлении алюминия из пищевых источников, даже на фоне физиологически релевантных доз, развивается биохимическая и структурная перестройка в критичных для памяти отделах мозга [3, 9]. Однако диапазон доз и влияние компенсаторных сдвигов макроэлементов остаются предметом дискуссии, в части исследований полученные экспериментальным путем результаты демонстрируют лишь единичные сдвиги без выраженного когнитивного дефекта на фоне малых доз и длительного периода экспозиции.

Таким образом, современная токсикологическая и нейрохимическая литература подчёркивает многоступенчатую природу воздействия алюминия, включающую накопление металла, нарушение элементного обмена, структурные изменения и вариабельные когнитивные эффекты, среди которых ключевое место занимают процессы пластичности, нейродегенерации и компенсации. Кроме того, генотоксическое действие алюминия потенциально способно приводить к нестабильности генома в различных органах [10].

В связи с этим особую актуальность приобретает комплексная оценка воздействия различных доз гидроксида алюминия, моделирующих длительное употребление антацидов или фоновое поступление из пищи, на ключевые нейробиологические параметры при хронической алиментарной экспозиции.

Целью работы явилась комплексная оценка воздействия различных доз гидроксида алюминия на нейроповеденческие характеристики, гистоморфологическую структуру и обмен эссенциальных элементов в головном мозге крыс при условиях хронической алиментарной экспозиции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В исследовании использованы 40 белых аутбредных самок крыс, масса тела которых составляла 170—230 г. В начале эксперимента животных методом случайной выборки распределяли по пяти группам — одну контрольную и четыре экспериментальные, по восемь животных в каждой. Опытные группы различались по величине получаемой дозы: животным первой группы вводили 0,015 мг/кг м.т. гидроксида алюминия; второй — 0,15 мг/кг м.т.; третьей — 1,5 мг/кг м.т.; четвертой — 15 мг/кг м.т. Дозу гидроксида алюминия рассчитывали индивидуально для каждой крысы согласно её массе тела. Для введения применяли 2 % раствор крахмала в качестве растворителя, а сами препараты вводили per os с помощью желудочного зонда ежедневно, пять раз в неделю, на протяжении четырех месяцев. Животные контрольной группы получали только эквиобъемное количество 2 % раствора крахмала аналогичным способом и по такому же режиму.

Животных содержали в условиях вивария при постоянной температуре (20—25°С), влажности (30—70 %) и фиксированном 12-часовом световом режиме (освещение с 08:00 до 20:00). Все группы животных находились в равных условиях кормления и ухода. При проведении исследований соблюдались положения ГОСТ 33215-2014, рекомендации Комитета по экспериментальной работе с использованием животных при Минздраве России, а также руководящие принципы, изложенные в Рекомендации Коллегии Евразийской экономической комиссии № 33 от 14.11.2023.

Для оценки пространственного обучения и памяти по завершении эксперимента использовали программно-аппаратный комплекс ANY-maze в модификации водного лабиринта Морриса. Круглый бассейн диаметром 150 см и высотой 60 см заполняли водой до уровня 43 см при температуре 22±1°С, вода подкрашивалась в белый цвет автоклавированным сухим молоком для маскировки платформы. Поверхность бассейна мысленно делили на четыре сектора. В геометрическом центре целевого сектора размещали стеклянную платформу диаметром 10 см, верх которой находился на глубине 1,5—2 см под поверхностью воды и оставался невидимым для животного. Внешними пространственными ориентирами служили визуальные стимулы в виде геометрических фигур (крест, круг, квадрат, треугольник), закреплённых на стенках; уровень освещенности составлял 8300 лк.

Протокол включал фазу обучения и фазу проверки. В течение четырёх последовательных дней каждой крысе ежедневно предъявляли по три попытки поиска скрытой платформы: животное аккуратно помещали в воду мордой к стенке бассейна из одной из стартовых позиций, при этом в пределах одного дня стартовую точку меняли от попытки к попытке. Попытка завершалась при нахождении платформы или по истечении 120 с, если животное не могло её обнаружить; в послед-

нем случае крысу мягко направляли к платформе рукой. После каждой попытки животное оставляли на платформе на 15 с, затем через 90–120 с приступали к следующему запуску. На пятый день платформу удаляли из бассейна и всем животным проводили по одной пробной попытке продолжительностью 120 с. Процедуру проведения каждого этапа записывали цифровой видеокамерой, установленной на высоте 220 см от пола и подключенной к компьютеру через USB-интерфейс, с последующим анализом в системе ANY-maze.

Для каждого животного вычисляли значения показателей и представляли их в виде среднее±стандартное отклонение (M±SD). Латентное время, длину пути и кумулятивную дистанцию в разные дни обучения анализировали с помощью двухфакторного дисперсионного анализа для зависимых измерений (фактор «день»). Время пребывания в целевом секторе при пробе сопоставляли с теоретически случайным уровнем (25 %) с применением t-критерия Стьюдента. Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21 (IBM, USA).

Через четыре месяца все животные выводились из эксперимента путем эвтаназии при воздействии углекислого газа с последующей декапитацией и вскрытием.

Образцы ткани головного мозга экспериментальных крыс для последующего гистологического анализа предварительно фиксировали в 10 % растворе нейтрального забуференного формалина. После фиксации материал был подвергнут стандартной гистологической проводке, завершившейся изготовлением парафиновых блоков. На ротационном микротоме Leica RM 2125 RTS (Leica Biosystems, Германия) из блоков получали срезы толщиной 5—7 мкм. В качестве первичной, обзорной оценки общей морфологии и архитектоники срезов было проведено окрашивание гематоксилином и эозином. Полученные гистологические препараты исследовали с помощью цифровой микроскопической системы визуализации Celena X (Logos Biosystems, Южная Корея) при увеличении x200 и x400, что позволило провести предварительный анализ состояния нервной ткани на клеточном уровне.

Для определения количественного содержания ионов алюминия отбирались фрагменты мозга лабораторных животных. Минерализация гистологических образцов проводилась с применением системы микроволнового разложения Speedwave Xpert (Berghof, Германия). Пробы весом около 1 г помещали в тефлоновые стаканы с 8 мл HNO_3 и 2 мл H_2O_2 и подвергали минерализации в соответствии с рекомендациями производителя. Количественное содержание элементов в образцах определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной атомизацией и с атомизацией в графитовой печи (AA240F, AAS GTA 120, AA240Z, Varian, Австралия).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS.

Поведенческие показатели.

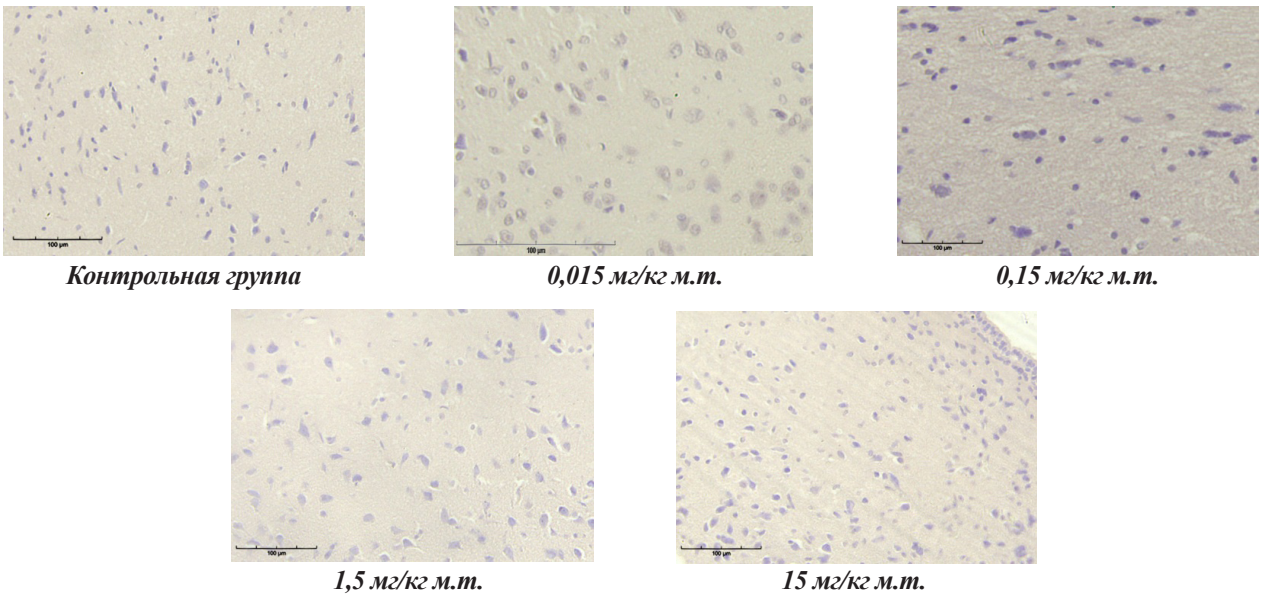
В ходе эксперимента была проведена комплексная оценка параметров пространственного обучения и памяти у крыс в тесте Морриса после хронического введения гидроксида алюминия в различных дозах (табл. 1).

Статистический анализ показал отсутствие значимых межгрупповых различий по всем ключевым показателям, включая количество заходов и время пребывания в квадранте с платформой, дистанцию и среднее расстояние до целевого квадранта, количество входов и время в зоне платформы, латентное время до первого входа, показатели активности на периферии бассейна, а также время тигмотаксиса. Для перечисленных параметров F-коэффициенты варьировали в диапазоне 0,3—0,9 ($p>0,05$).

Таблица 1 — Значения показателей водного теста Морриса

Table — Morris water test values

Показатель	Группы				
	Контроль	0,015 мг/кг м.т.	0,15 мг/кг м.т.	1,5 мг/кг м.т.	15 мг/кг м.т.
Количество заходов в квадрант с платформой	16,63±3,20	16,13±3,91	16,00±4,93	15,13±2,47	14,50±2,73
Время в квадранте с платформой (сек)	37,91±10,17	35,84±7,99	40,14±8,56	37,03±6,48	37,59±7,02
Дистанция в квадранте с платформой (м)	10,22±2,08	9,31±2,11	9,71±2,21	8,94±1,62	9,26±1,19
Среднее расстояние до квадранта с платформой (м)	0,30±0,03	0,29±0,02	0,31±0,03	0,29±0,020	0,29±0,02
Количество заходов в зону платформы	2,75±1,98	2,25±1,75	3,75±3,28	2,88±1,89	2,88±1,73
Время в зоне платформы (мин)	0,66±0,50	0,56±0,44	1,04±1,01	0,58±0,36	0,81±0,56
Латентное время до первого входа в зону платформы (сек)	42,01±42,98	29,01±27,90	37,49±39,16	31,65±25,17	19,40±16,49
Дистанция на периферии (м)	20,06±3,44	19,77±4,58	19,63±4,60	17,13±4,37	17,60±2,75
Время на периферии (сек)	77,61±8,77	76,89±7,68	80,14±13,75	73,95±11,81	73,70±6,89
Тигмотаксис (сек)	8,44±10,09	12,05±8,56	11,40±12,30	4,28±8,27	9,65±15,92



Контрольная группа ***0,015 мг/кг м.т.*** ***0,15 мг/кг м.т.***

1,5 мг/кг м.т. ***15 мг/кг м.т.***

Рисунок 1 *— Участки коры больших полушарий головного мозга крыс контрольной группы и групп, подверженных воздействию гидроксида алюминия в дозах 0,015, 0,15, 1,5, 15 мг/кг м.т. Для иллюстрации общей сохранности архитектоники представлены репрезентативные участки из доступных гистологических блоков; прямая сравнительная морфометрия между группами не проводилась ввиду гетерогенности исследуемых зон. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение х200 и х400.*

Figure 1 *— Cerebral cortex regions in rats from the control group and groups exposed to aluminum hydroxide at doses of 0,015, 0,15, 1,5, and 15 mg/kg b.w. Representative sections from available histological blocks are shown to illustrate the overall architectural integrity; direct comparative morphometry between groups was not performed due to the heterogeneity of the studied areas. Hematoxylin and eosin staining. Magnification x200 and x400.*

Дополнительный попарный анализ с использованием критериев Тьюки и Тамхейна также не выявил каких-либо достоверных различий между отдельными группами по всем сравниваемым показателям.

Гистоморфологические показатели.

Макроскопическое исследование головного мозга крыс показало сохранение нормальной анатомической формы и размеров органа. Мозговые оболочки оставались прозрачными, признаки воспаления и кровоизлияний отсутствовали. Кровеносные сосуды были без патологических изменений, с умеренным кровенаполнением, без расширения. Поверхность и структура больших полушарий, мозжечка и ствола мозга сохраняли типичные для данного вида характеристики: симметричность, четко выраженные борозды и долевую организацию, гладкие извилины, отсутствие очаговых изменений. В области основания мозга сосуды не изменены. У животных, подвергавшихся хроническому воздействию гидроксида алюминия в дозах 0,015—15 мг/кг м.т. массы тела, визуально определяемых патологических изменений при макроскопическом осмотре выявлено не было.

Гистологический скрининг срезов коры больших полушарий, доступных для анализа, не выявил массивных деструктивных изменений, обширных зон некроза или грубых нарушений тканевой архитектоники ни в одной из групп (рис. 1). Не обнаружено признаков воспалительной инфильтрации или массовой гибели клеток. Учитывая скрининговый характер исследования, использование окраски гематоксилином-эозином и отсутствие стандартизации по отделам коры, количественная оценка состояния отдельных клеточных структур (ядер, ядрышек) не проводилась.

Распределение алюминия и эссенциальных элементов в мозге крыс.

В ходе исследования обнаружено, что хроническое введение гидроксида алюминия вызывает дозозависимое накопление алюминия в мозге крыс (рис. 2). Уже при дозе 0,15 мг/кг м.т. средняя концентрация этого металла была выше, чем в контроле, на 67 % (p=0,033). В группах, получавших 1,5 мг/кг и 15 мг/кг м.т., содержание алюминия превышало контрольные значения соответственно на 75 % (p=0,042) и более чем в 2,2 раза (p=0,014). Попарное сравнение значений показателя между опытными группами не показало статистически значимых различий.

Повышение уровня магния в мозге после хронического введения гидроксида алюминия было выявлено в группах с дозами 1,5 мг/кг и 15 мг/кг м.т.: его концентрация в обеих группах превышала контрольные значения примерно на 6,5 % (p=0,001). Различия между другими группами не достигли уровня статистической значимости.

Концентрация ионов железа в мозге у животных показала непостоянный характер. В группах, получавших гидроксид алюминия в дозах 0,015 и 1,5 мг/кг м.т. значение усредненного значения показателя было выше, чем в других группах. Статистически значимые различия зафиксированы между значениями групп с воздействием 0,15 мг/кг и 15 мг/кг м.т. по сравнению с группой 0,015 мг/кг м.т. (p=0,047 и

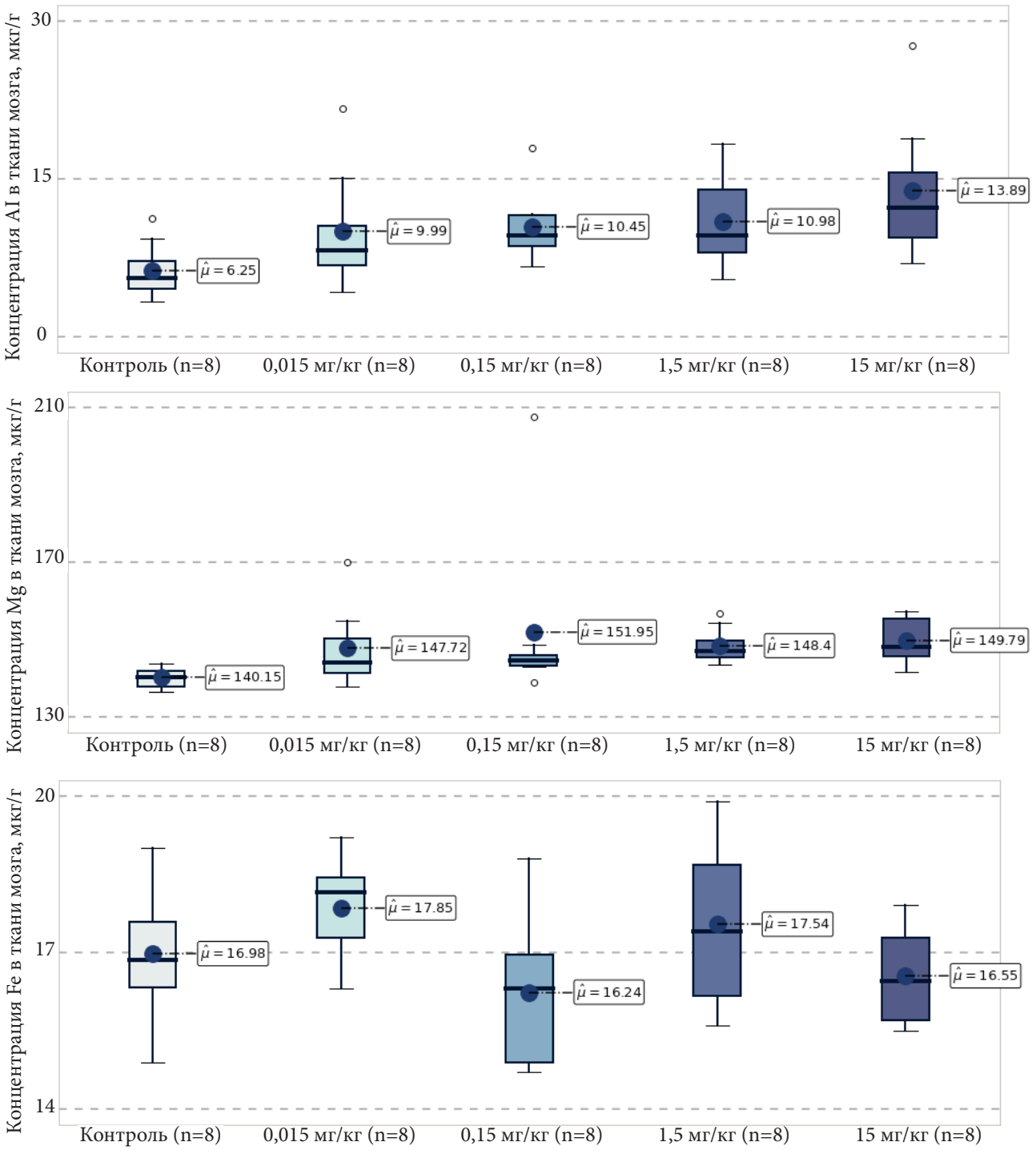


Рисунок 2 *— Средняя концентрация алюминия (1), магния (2) и железа (3) в мозге лабораторных животных, мг/кг м.т. (boxplot). Примечание: n=8 — количество животных в каждой группе. Ящик отражает межквартильный размах (IQR = Q3−Q1; 25—75-й процентили). Закрашенные точки — среднее (μ), численно указано рядом. Усы — значения в пределах 1,5*IQR от квартилей; поперечные линии на концах усов — предельные невыбросовые значения. Незакрашенные точки — выбросы. Дозы вещества указаны под ящиками.*

Figure 2 *— Mean concentrations of aluminum (1), magnesium (2), and iron (3) in the brain of laboratory animals, mg/kg b.w. (boxplot). Note: n=8 is the number of animals in each group. The box plot represents the interquartile range (IQR = Q3−Q1; 25th–75th percentiles). Filled dots represent the mean (μ), numerically indicated next to it. Whiskers represent values within 1.5*IQR of the quartiles; the crossbars at the ends of the whiskers represent the maximum non-outlier values. Open dots represent outliers. The doses of the substance are indicated below the boxes.*

p=0,044, соответственно). Такие изменения могут быть связаны с нарушением обмена микроэлементов и, возможно, с изменением метаболизма железа в связи с реакцией на поступление алюминия.

Изменения уровня кальция в мозге не выявили достоверных различий между группами.

Полученные изменения носят менее выраженный характер по сравнению с острой интоксикацией, вызваемой высокой дозой (40 мг/кг м.т.) [11]. Результаты, полученные на фоне хронической интоксикации, носят более плавный и устойчивый характер: накопление алюминия происходит дозо-

зависимо, изменения содержания магния и железа умеренные и частично компенсированными.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. На основании полученных результатов исследования по оценке воздействия различных доз гидроксида алюминия на нейроповеденческие характеристики, гистоморфологическую структуру и обмен эссенциальных элементов в головном мозге крыс при условиях хронической алиментарной экспозиции сформулированы следующие выводы:

1. В условиях длительного введения гидроксида алюминия у лабораторных крыс не выявлено статистически значимых изменений пространственного обучения, памяти и стратегий поиска в тесте Морриса. Показатели двигательной активности, латентности, поискового поведения и тигмотаксиса оставались стабильно сопоставимыми с контрольной группой. Результаты указывают на сохранение когнитивной устойчивости животных при хроническом воздействии выбранных доз алюминия.

2. Проведенная скрининг-оценка гистологических препаратов не обнаружила признаков выраженной нейродегенерации или грубых структурных патологий в образцах ткани мозга. Важным ограничением данного этапа работы является отсутствие стандартизированного отбора идентичных зон коры для всех животных, что не позволяет сделать количественные сравнительные выводы о нейродегенеративных изменениях. Полученные данные носят предварительный, описательный характер и служат основанием для планирования углубленного морфологического исследования на стандартизированном материале. Однако, полученные нами результаты согласуются с данными литературы, где существенные морфологические эффекты алюминия развиваются преимущественно при моделировании тяжелой интоксикации [12].

3. Хроническое поступление гидроксида алюминия привело к его дозозависимому накоплению в тканях мозга, подтверждающему способность алюминия к кумуляции даже при сравнительно малотоксичных сценариях. На фоне этого воздействия отмечались метаболические изменения по содержанию отдельных макро- и микроэлементов, таких как магний и железо, что может указывать на компенсаторные или адаптивные сдвиги обмена, отражая биологическую активность алюминия в нервной системе. Существенных нарушений кальциевого гомеостаза зафиксировано не было.

Таким образом, в условиях хронического поступления гидроксида алюминия в физиологически релевантных дозах у взрослых крыс не развивается выраженная нейротоксичность ни на уровне когнитивных показателей, ни по морфологической структуре головного мозга. Тем не менее, отмеченное дозозависимое накопление алюминия и сдвиги обмена отдельных элементов свидетельствуют о скрытых и потенциально долгосрочных биохимических эффектах, что требует дальнейших исследований с использованием моделей патологии, анализа нейрометаболизма и оценки предельной нейробезопасности алюминия при длительном контакте.

NEUROTOXICOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL EVALUATION OF THE EFFECTS OF ALUMINUM HYDROXIDE ON THE BRAIN OF RATS WITH CHRONIC EXPOSURE

Gizatullina A. A.[1] — Junior Researcher (ORCID 0000-0002-7321-0864); **Yakupova T. G.**[1] — Researcher (ORCID 0000-0002-1236-8246); **Karimov D. D.**[1,2] — PhD, Head of the Genetics Laboratory, Associate Professor of the Department of Biochemistry, Biotechnology and Physiology (ORCID 0000-0002-1962-2323); **Mukhamadieva G. F.**[1] — PhD, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-7456-4787); **Khmel A. O.** — junior research fellow (0009-0008-3068-3961); **Usmanova E. N.** — junior research fellow (ORCID 0000-0002-5455-6472); **Smolyankin D. A.**[1] — Researcher (ORCID 0000-0002-7957-2399); **Karimov D. O.**[1,3] — PhD, Head, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-0039-6757).

[1]Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology.

[2]Ufa University of Science and Technology.

[3]National Research Institute of Public Health named after N. A. Semashko.

*alinagisa@yandex.ru.

Financing: Industry research program of Rospotrebnadzor for 2021—2025 «Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological welfare, managing health risks and improving the quality of life of the population of Russia», on the topic: 6.9.1.2 «Study of the impact of chemical production factors under conditions of chronic stress» No. NIOKTR I124021200153-3.

ABSTRACT. *Aluminum hydroxide [$Al(OH_3$] is widely used in medicine as a component of antacids and as an adjuvant in vaccines. However, its safety during chronic alimentary exposure remains a subject of debate, particularly in the context of potential accumulation in the central nervous system and neurotoxic effects. Aluminum is a common metal, the effects of which on the central nervous system raise serious scientific concerns. The aim of this study was to comprehensively evaluate the effects of chronic aluminum hydroxide administration on neurobehavioral characteristics, histomorphological structure, and essential element metabolism in the rat brain. A chronic alimentary exposure model using varying doses of aluminum was used. The results showed dose-dependent accumulation of aluminum in the brain and a statistically significant increase in magnesium levels*

at high doses. Changes in iron levels were inconsistent, while calcium levels remained stable. Behavioral tests revealed no significant cognitive impairment, indicating that the animals retained cognitive resilience during chronic exposure to the selected doses of aluminum. The histological analysis revealed no signs of significant neurodegeneration or gross structural pathologies in the brain tissue samples. A significant limitation of this phase of the study is the lack of standardized sampling of identical cortical areas for all animals, which precludes quantitative comparative conclusions regarding neurodegenerative changes. Thus, the data obtained expand our understanding of the multifaceted neurotoxic effects of aluminum during chronic exposure and highlight the need for further research into the mechanisms of its action on brain function and structure.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hayat, M. A Systematic Review of Preclinical Studies Investigating the Effects of Pharmacological Agents on Learning and Memory in Prolonged Aluminum Exposure Induced Neurotoxicity / M. Hayat, N. U. H. Khola, T. Ahmed // Brain Sci. — 2025. — Vol. 15, № 8. — P. 849. DOI: 10.3390/brainsci15080849.

2. Rebai, O. Chronic exposure to aluminum chloride in mice: exploratory behaviors and spatial learning / O. Rebai, N. E. Djebli // Adv Biol Res. — 2008. — Vol. 2, № 1—2. — P. 26—33.

3. Walton, J. R. Cognitive deterioration and associated pathology induced by chronic low level aluminum ingestion in a translational rat model provides an explanation of Alzheimer's disease, tests for susceptibility and avenues for treatment / J. R. Walton // International Journal of Alzheimer's Disease. — 2012. — Vol. 2012, № 1. — P. 914947.

4. He, C. Whole transcriptome analysis of aluminum exposed rat hippocampus and identification of ceRNA networks to investigate neurotoxicity of Al / C. He [et al.] // Mol Ther Nucleic Acids. — 2021. — Vol. 26. — P. 1401—1417.

5. Skalny, A. V. Molecular mechanisms of aluminum neurotoxicity: Update on adverse effects and therapeutic strategies / A.V. Skalny, M. Aschner, Y. Jiang [et al.] // Advances in neurotoxicology. — Academic Press, 2021. — Vol. 5. — P. 1—34.

6. Islam, F. Exposure of metal toxicity in Alzheimer's disease: An extensive review / F. Islam [et al.] // Front Pharmacol. — 2022. — Vol. 13. — P. 903099.

7. Chen, L. Homeostasis and metabolism of iron and other metal ions in neurodegenerative diseases / L. Chen, Q. Shen, Y. Liu [et al.] // Signal Transduct Target Ther. — 2025. — Vol. 10, № 1. — P. 31. DOI: 10.1038/s41392-024-02071-0.

8. Rolić, T. Iron Metabolism, Calcium, Magnesium and Trace Elements: A Review / T. Rolić, M. Yazdani, S. Mandić, S. Distante // Biol Trace Elem Res. — 2025. — Vol. 203, № 4. — P. 2216—2225. DOI: 10.1007/s12011-024-04289-z.

9. Cui, X. The effects of chronic aluminum exposure on learning and memory of rats by observing the changes of Ras/Raf/ERK signal transduction pathway / X. Cui, B. Wang, Z. Zong [et al.] // Food Chem Toxicol. — 2012. — Vol. 50, № 2. — P. 315—319.

10. Каримов, Д. Д. Повышение активности транспозона LINE1 при токсическом воздействии гидроксида алюминия / Д.Д. Каримов, Я.В. Валова, А.А. Гизатуллина [и др.] // Медицина труда и экология человека. — 2024. – № 4. – С. 146–154.

11. Усманова, Э. Н. Токсикокинетика алюминия в организме крыс / Э.Н. Усманова, А.С. Фазлыева, Д.О. Каримов [и др.] // Гигиена и санитария. — 2020. — Т. 99, № 9. — С. 1007—1010.

12. Abdel Aal, R. A. Memantine prevents aluminum induced cognitive deficit in rats / R. A. Abdel Aal, A. A. Assi, B. B. Kostandy // Behav Brain Res. — 2011. — Vol. 225, № 1. — P. 31—38. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.06.031.

REFERENCES

1. Hayat, M. A Systematic Review of Preclinical Studies Investigating the Effects of Pharmacological Agents on Learning and Memory in Prolonged Aluminum Exposure Induced Neurotoxicity / M. Hayat, N. U. H. Khola, T. Ahmed // Brain Sci. — 2025. — Vol. 15, № 8. — P. 849. DOI: 10.3390/brainsci15080849.

2. Rebai, O. Chronic exposure to aluminum chloride in mice: exploratory behaviors and spatial learning / O. Rebai, N. E. Djebli // Adv Biol Res. — 2008. — Vol. 2, № 1—2. — P. 26—33.

3. Walton, J. R. Cognitive deterioration and associated pathology induced by chronic low level aluminum ingestion in a translational rat model provides an explanation of Alzheimer's disease, tests for susceptibility and avenues for treatment / J. R. Walton // International Journal of Alzheimer's Disease. — 2012. — Vol. 2012, № 1. — P. 914947.

4. He, C. Whole transcriptome analysis of aluminum exposed rat hippocampus and identification of ceRNA networks to investigate neurotoxicity of Al / C. He [et al.] // Mol Ther Nucleic Acids. — 2021. — Vol. 26. — P. 1401—1417.

5. Skalny, A. V. Molecular mechanisms of aluminum neurotoxicity: Update on adverse effects and therapeutic strategies / A.V. Skalny, M. Aschner, Y. Jiang [et al.] // Advances in neurotoxicology. — Academic Press, 2021. — Vol. 5. — P. 1—34.

6. Islam, F. Exposure of metal toxicity in Alzheimer's disease: An extensive review / F. Islam [et al.] // Front Pharmacol. — 2022. — Vol. 13. — P. 903099.

7. Chen, L. Homeostasis and metabolism of iron and other metal ions in neurodegenerative diseases / L. Chen, Q. Shen, Y. Liu [et al.] // Signal Transduct Target Ther. — 2025. — Vol. 10, № 1. — P. 31. DOI: 10.1038/s41392-024-02071-0.

8. Rolić, T. Iron Metabolism, Calcium, Magnesium and Trace Elements: A Review / T. Rolić, M. Yazdani, S. Mandić, S. Distante // Biol Trace Elem Res. — 2025. — Vol. 203, № 4. — P. 2216—2225. DOI: 10.1007/s12011-024-04289-z.

9. Cui, X. The effects of chronic aluminum exposure on learning and memory of rats by observing the changes of Ras/Raf/ERK signal transduction pathway / X. Cui, B. Wang, Z. Zong [et al.] // Food Chem Toxicol. — 2012. — Vol. 50, № 2. — P. 315—319.

10. Karimov, D.D. Increase in LINE1 transposon activity under toxic exposure to aluminum hydroxide / D.D. Karimov, Ya.V. Valova, A.A. Gizatullina [et al.] // Occupational Medicine and Human Ecology. — 2024. — No. 4. — P. 146—154

11. Usmanova, E. N. Toxicokinetics of aluminum in the rat organism / E. N. Usmanova, A. S. Fazlyeva, D. O. Karimov [et al.] // Hygiene and Sanitation. — 2020. — Vol. 99, No. 9. — P. 1007—1010.

12. Abdel Aal, R. A. Memantine prevents aluminum induced cognitive deficit in rats / R. A. Abdel Aal, A. A. Assi, B. B. Kostandy // Behav Brain Res. — 2011. — Vol. 225, № 1. — P. 31—38. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.06.031.

УДК: 636.2.09:619
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.155

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕСТИКУЛЯРНОЙ ГИАЛУРОНИДАЗЫ ПРИ ТЕРАПИИ МАСТИТА У КОРОВ

Николаев С. В. — канд. ветеринар. наук, ведущий научный сотруд-ник (ORCID 0000-0001-5485-4616);
Залевский А. А. — младший научный сотрудник (ORCID 0009-0005-4982-3686).

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра УрО РАН.

*semen.nikolaev.90@mail.ru.

Ключевые слова: *молочная железа, мастит, тестикулярная гиалуронидаза, терапия, соматические клетки.*

Key words: *mammary gland, mastitis, testicular hyaluronidase, therapy, somatic cells.*

Поступила в редакцию / Received: 13.04.2026
Одобрена после рецензирования / Revised:11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В работе оценена эффективность применения тестикулярной гиалуронидазы при лечении мастита у коров. Исследование выполнено на животных голштинской породы с рецидивирующим катаральным воспалением одной четверти вымени (более двух раз за лактацию). Всем животным (n=20) проводилась терапия, включавшая надвымянную новокаиновую блокаду и инъекцию противовоспалительного средства в первый день лечения, а также ежедневное интрацистернальное введение препарата «Мастиет Форте» до клинического выздоровления. Опытной группе (n=10) дополнительно вводили внутрицистернально 1280 ЕД гиалуронидазы, разведенной в 5 мл физиологического раствора. Результаты исследований показали, что после лечения в опытной группе, по отношению к контролю, содержание соматических клеток было ниже на 115,2 тыс./мл, а количество животных с концентрацией клеток воспалительной реакции в секрете более 500 тыс./мл было меньше на 20 %. Электропроводность молока у коров, получавших фермент, снизилась на 34,5 %, что было на 22,1 % ниже показателя животных, где применяли традиционную схему (P≤0,01). Использование гиалуронидазы сократило курс интрацистернальных введений на 0,9 дней. В течение месяца наблюдений рецидив патологии отмечен у одной коровы опытной группы против трех в контрольной. Гематологический анализ выявил, что терапия с ферментом способствовала активному разрешению персистирующего воспаления: снижению количества моноцитов и эозинофилов, перераспределению показателей лейкограммы в сторону нейтрофильных лейкоцитов, тогда как в контрольной группе эти изменения были менее выражены. Таким образом, использование тестикулярной гиалуронидазы в комплексном лечении рецидивирующего мастита у коров повышает клиническую эффективность терапии.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В условиях интенсификации промышленного молочного скотоводства ключевым аспектом является постоянное повышение продуктивности животных. Основным стратегическим направлением достижения этой цели является селекционная работа, направленная на улучшение генетического потенциала маточного поголовья путем использования выдающихся производителей с высокими генетическими характеристиками [1, 2]. Однако модернизация условий содержания и кормления зачастую не успевает адаптироваться к метаболическим потребностям высокопродуктивных пород крупного рогатого скота, что приводит к возникновению нарушений гомеостаза и метаболических дисфункций [3].

Проявления метаболических нарушений у высокопродуктивных коров характеризуются повышенной восприимчивостью к инфекционным и неинфекционным заболеваниям [4]. На фоне метаболического дисбаланса наблюдается значительное снижение естественной резистентности организма к неблагоприятным факторам внешней среды [5]. В современных животноводческих комплексах ситуация усугубляется высокой плотностью содержания животных и повышенным уровнем микробной контаминации помещений [6].

Молочная железа, как один из наиболее интенсивно кровоснабжаемых и морфологически сложных органов, является уязвимой мишенью для патогенных воздействий. Несмотря на наличие адаптивных механизмов, направленных на защиту вымени, современные высокопродуктивные коровы демонстрируют повышенную предрасположенность к маститу [8, 9]. Ведущими этиологическими факторами развития мастита являются патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, обладающие высокой вирулентностью и резистентностью к антимикробным препаратам [10].

Лечение мастита представляет собой сложную задачу, обусловленную развитием застойных явлений в системе крово- и лимфообращения, нарушением проходимости молочных протоков и затруднением проникновения лекарственных

препаратов в патологический очаг [11]. Широкое применение антибиотиков в ветеринарии привело к возникновению антибиотикорезистентности у многих микроорганизмов, а также к формированию биопленок и переходу патогенов в латентное состояние на время лечения, что снижает эффективность традиционной терапии [12]. Именно эти факторы зачастую обуславливают переход острого воспаления в хроническое. Одной из форм хронического мастита является рецидивирующее воспаление, при котором клинические признаки исчезают после лечения, однако через некоторое время возникает новый эпизод заболевания [11].

В связи с этим, разработка новых подходов к усилению антимикробной терапии является актуальной задачей современной ветеринарной науки. Одним из перспективных направлений является использование лекарственных средств, содержащих ферменты, которые обладают высокой специфичностью и эффективностью в отношении патологических процессов. Ферментативные препараты способствуют лизису некротизированной ткани, разрушению сгустков в молочных ходах, стимуляции движения тканевой жидкости, нарушению структуры биопленок и факторов патогенности микроорганизмов, что значительно повышает эффективность лечения мастита [13, 15].

С этой позиции, особого внимания заслуживает тестикулярная гиалуронидаза, способная деполимеризовать гиалуроновую кислоту — основной компонент межклеточного матрикса. Благодаря действию данного фермента, улучшается проницаемость тканей, ускоряется рассасывание воспалительных инфильтратов и повышается биодоступность антибактериальных средств в очаге воспаления, что делает ее применение патогенетически обоснованным при терапии воспаления вымени у коров [13, 15].

Таким образом, применение ферментных препаратов в комплексной терапии мастита представляет собой инновационный подход, позволяющий повысить результативность лечебных мероприятий и снизить экономическую нагрузку на животноводческие хозяйства.

Цель исследований — определить эффективность применения тестикулярной гиалуронидазы в комплексной терапии рецидивирующего катарального воспаления молочной железы у лактирующих коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена в 2025 году в Институте агробиотехнологий ФИЦ УрО РАН. Объектом исследований являлись животные голштинской породы, принадлежащие АО Племзавод «Агрокобинат «Красногорский» г. Киров Кировской области. В целях проведения эксперимента было сформировано две группы коров, по 10 в каждой. Катаральный мастит устанавливали по наличию симптомов болезненности и припухлости пораженной доли вымени изменению характера секрета (появление сгустков белого цвета слизистой консистенции) и положительной реакции с диагностикумом Кенотест. При этом, у всех отобранных животных в период текущей лактации наблюдалось рецидивирующее катаральное воспаление одной из четвертей вымени (3 и более эпизодов), с периодами ремиссии продолжительностью от 7 до 20 дней. Предшествующая терапия мастита основывалась на интрамаммарных введениях препарата «Диеномаст» в дозе 10 мл 1 раз в 24 часа в течение 3…5 дней.

Лечение животных двух групп включало интрацистернальное введение препарата «Мастиет Форте» в дозировке 10 мл, предварительно нагретого до температуры 38…40 °С. Кроме того, в день начала терапии применялась надвыменная новокаиновая блокада по методу Д. Д. Логвинова и внутримышечная инъекция препарата «Мелоксивет 2 %» в объеме 15 мл в начале терапии. Коровам первой (опытной) группы (n=10), вышеуказанную схему дополняли внутрицистернальным введение 1280 ЕД тестикулярной гиалуронидазы, предварительно разведенной в 5 мл 0,9 % растворе натрия хлорида. Животным контрольной группы (n=10), аналогичным образом применяли нативный физиологический раствор. Интрамаммарно препараты вводили один раз в 24 часа, до клинического выздоровления.

В день постановки диагноза, а также по истечению 7 дней после завершения лечения от коров получали секрет вымени и венозную кровь для гематологических исследований, которую стабилизировали ЭДТА. В секрете вискозиметрическим методом на устройстве Ekomilk Scan с использованием 3,5 % раствора мастоприма косвенно определяли концентрацию соматических клеток. Также в процессе доения на установке «Карусель» с применением программы управления стадом AfiFarm (версии 5.4.3-A-DU) фиксировали электропроводность молока и суточный удой. Морфологический состав крови изучали на приборе URIT-3020.

Статистический анализ проведен путем вычисления средней арифметической и стандартной ошибки, достоверность различий сравниваемых величин установлена с применением t-критерия Стьюдента и Хи-квадрат Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В таблице 1 представлены результаты мониторинга показателей функционального состояния вымени у экспериментальных животных. До начала лечения у всех коров, включенных в эксперимент, регистрировали повышение электропроводности секрета (>10 мСм/см) и содержания соматических клеток (>1500 тыс./мл), что указывало на наличие выраженного воспаления тканей молочной железы.

Купирование воспалительного процесса в вымени сопровождалось повышением уровня молочной продуктивности. Так, у коров, которым применяли дополнительно фермент, через семь дней после завершения курса интрацистернальной терапии наблюдалось увеличение среднесуточного удоя на 39,0 % (7,3 литра). В контрольной

группе аналогичный показатель продемонстрировал рост на 37,6 % (8,2 литра).

В обеих исследуемых группах было зафиксировано снижение концентрации соматических клеток. Однако среди животных, где применялась гиалуронидаза, данный показатель был на 115,2 тыс./мл ниже по сравнению с контрольной группой. После проведенного лечения уровень соматических клеток выше 500 тыс./мл среди коров, получавших ферментативный препарат, составил 40 %, что на 20 % ниже показателя контрольных животных.

Оценка электропроводности секрета, как важный диагностический метод контроля физиологического состояния вымени, показала существенное влияние применяемой терапии. При использовании традиционной терапевтической схемы наблюдалось снижение электропроводности молока на 28,6 % (P≤0,005). Введение фермента приводило к более выраженному снижению данного показателя – на 34,5 % (P≤0,01) относительно исходного уровня. При этом разработанный метод терапии обеспечил на 22,1 % более низкое значение средней электропроводности (P≤0,01) по сравнению с результатами группы, где лечение проводили без применения фермента. Важно отметить, что применение гиалуронидазы способствовало снижению электропроводности ниже порогового значения в 7 мСм/см у 80 % животных, тогда как в контрольной группе этот эффект был достигнут лишь у 30% особей (P≤0,05).

В рамках проведенного исследования было установлено, что среднее количество интрацистернальных введений при использовании фермента для лечения коров составило 5,3 инъекции, что на 0,9 раза меньше по сравнению с контрольной группой (P≤0,05).

В результате наблюдения за животными в течение месяца после лечения был зарегистрирован рецидив мастита в опытной группе у одной коровы и у трех в контрольной. Таким образом, применение данного фермента не только значительно ускорило процесс выздоровления животных, но и сопровождалось повышением устойчивости молочной железы к повторному возникновению патологии.

Анализ динамики гематологических показателей (табл. 2) у животных с маститом выявил статистически значимые различия, которые могут служить объективными маркерами, подтверждающими патогенетическую обоснованность и повышенную клиническую эффективность схемы терапии, включающей ферментный препарат. Так, в опытной группе была зарегистрирована морфологическая картина крови, характерная для успешного переключения хронического воспалительного процесса в стадию активного разрешения. Подтверждением этого является достоверное снижение относительного количества моноцитов на 75,7 % (P<0,05). При этом, стоит отметить, что моноцитоз является типичным маркером хронизации воспаления, а его редукция указывает на эффективное подавление персистирующего иммунного ответа [16], лежащего в основе рецидивирующего течения мастита. Одновременно отмечался достоверный прирост уровня сегментоядерных нейтрофилов на 36,2 % (P<0,05). Наблюдаемый сдвиг можно интерпретировать как результат перераспределения в крови клеток воспалительной реакции, а также мобилизацией эффекторного звена, направленного на окончательную элиминацию патогена. Существенное снижение уровня эозинофилов на 72,8 % (P<0,01), вероятно, связано с нормализацией общего иммунного гомеостаза и

Таблица 1 – Характеристика показателей состояния молочной железы у коров, с рецидивирующим катаральным маститом, в процессе лечения различными методами

Table 1 – Characteristics of the indicators of the condition of the mammary gland in cows with recurrent catarrhal mastitis during treatment with various methods

Показатель	Опытная группа		Контрольная группа	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Суточный удой, литров	18,7±1,3	26,0±5,2	21,8±3,0	30,0±5,8
Количество соматических клеток, тыс./мл	>1500	670,8±95,7	> 1500	786,0± 147,6
Количество коров, с показателем уровня соматических клеток ≥500 тыс. /мл	10	4	10	6
Электропроводность молока, мСм/см	11,3± 0,5	7,4± 0,1**^{xx}	13,3± 0,4	9,5± 0,7**
Количество коров, с показателем электропроводности молока ≥ 7 мСм/см	10	2^{x}	10	7
Клинически выздоровело коров, %	100,0		100,0	
Кратность интрацистернальных введений	5,3± 0,2^{x}		6,2± 0,3	
Наблюдался рецидив патологии в течение 30 дней наблюдения, %	10		30	

Примечание: *достоверно: **P≤0,01, по отношению к значениям до лечения, ^{x}P≤0,05, ^{xx}P≤0,01 по отношению к животным контрольной группы.*

устранением дисрегуляторных сдвигов лейкоцитарной формулы, обусловленных длительной антигенной сенсибилизацией.

В контрольной группе, напротив, лейкоцитарная картина свидетельствовала о недостаточной эффективности стандартной терапии. Хотя и отмечалась тенденция к снижению моноцитов на 61,5 % (P<0,05), ключевым неблагоприятным фактором стало возникновение выраженной эозинофилии (увеличение показателя в 3 раза; P<0,05). В патогенезе хронических бактериальных инфекций подобная эозинофильная реакция часто ассоциируется с дисбалансом цитокинового профиля, а именно формированием опосредованного иммунного ответа Т-хелперами второго типа, и может рассматриваться как индикатор неполноценности защитной реакций организма, способствующей персистенции воспаления [17].

Сравнительный анализ между группами после завершения курса лечения показал, что у животных опытной группы была выше концентрация гемоглобина (на 29,1 г/л, P<0,05), величина гематокрита (на 9,6 %, P<0,05) и количество эритроцитов (на 20,0 %, P<0,05). Помимо этого, регистрировались более высокие эритроцитарные индексы – средний объем красных клеток и среднее содержание гемоглобина в эритроците (на 3,5 фл, P<0,05 и 1,6 пг, P<0,01, соответственно). Однако, стоит отметить, что данные показатели изначально (до лечения) имели существенные отличия между экспериментальными животными.

При анализе лейкоцитарного профиля так же были выявлены значимые отличия между группами. У коров, которым дополнительно применяли ферментативный препарат, концентрация нейтрофилов была на 31,7 % выше (P<0,05), а эозинофилов – достоверно ниже (в 7 раз) по сравнению с контрольной группой животных (P< 0,01). Таким образом, тестикулярная гиалуронидаза индуцировала более позитивные сдвиги в лейкоцитарной формуле, указывающий на подавление персистирующего воспаления.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Применение тестикулярной гиалуронидазы в комплексной терапии рецидивирующего катарального мастита у коров способствует более быстрому купированию воспалительного процесса, что подтверждается снижением электропроводности молока на 34,5 % (P≤0,01) и уменьшением содержания соматических клеток до уровня ниже 500 тыс./мл у 80 % животных. Включение фермента в схему лечения позволяет сократить число интрацистернальных введений на 0,9 процедуры (P≤0,05) и снизить частоту рецидивов в течение 30 дней с 30 % до 10 %.

Таким образом, дополнительное применение тестикулярной гиалуронидазы повышает эффективность стандартной терапии и снижает риск повторных эпизодов воспаления вымени у коров.

Таблица 2 — Морфологические показатели крови у коров опытной и контрольной группы до и после лечения

Table 2 — Morphological parameters of blood in cows of the experimental and control groups before and after treatment

Показатель	Опытная группа		Контрольная группа	
	До	После	До	После
Лейкоциты, 10^9/л	7,8±1,1	8,5±1,7	8,1±0,6	8,5±0,6
Эритроциты, 10^{12}/л	7,3±0,7	7,2±0,7	6,2±0,2 ^{x}	6,0±0,1^{x}
Гемоглобин, г/л	130,4±12,8	127,7±10,8	103,2±2,1	98,6±1,6^{x}
Гематокрит, %	35,8±3,1	36,4±2,9	29,8±0,7	26,8±2,5^{x}
Средний объем эритроцита, фл	50,4±0,9	51,6±1,0	48,4±0,6	48,1±0,9^{x}
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	17,8±0,3	18,1±0,3	16,7±0,3^{x}	16,5±0,2^{x}
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	354,4±2,5	350,1±3,7	346,6±4,3	343,2±4,6
Показатель анизоцитоза эритроцитов, %	18,7±0,8	18,3±0,5	20,0±0,3	19,8±0,2
Тромбоциты, 10^9/л	239,1±20,8	301,5±38,1	248,8±28,1	320,3±38,1
Средний объем тромбоцита, фл	7,0±0,3	7,6±0,4	7,7±0,2^{x}	7,8±0,1
Лейкоцитарная формула, %				
Базофилы	0,08±0,03	0,11±0,01	0,20±0,06	0,18±0,09
Эозинофилы	4,82±0,71	1,31±0,46**	3,00±1,10	9,33±2,13*^{xx}
Нейтрофилы	48,38±2,11	65,91±5,63*	55,30±1,88^{x}	50,04±2,40^{x}
Лимфоциты	31,52±6,32	28,97±5,29	33,35±2,57	37,12±2,81
Моноциты	15,20±4,70	3,69±1,03*	8,65±1,73	3,33±1,53*

Примечание: *достоверно: *P≤0,05; **P≤0,01, по отношению к значениям до лечения, ^{x}P≤0,05, ^{xx}P≤0,01 по отношению к животным опытной группы*

RATIONALE FOR THE USE OF TESTICULAR HYALURONIDASE IN THE THERAPY OF BOVINE MASTITIS

Nikolaev S. V. — Cand. Vet. Sci., Leading Research Associate (ORCID 0000-0001-5485-4616); **Zalevskiy A. A.** — Junior Research Associate (ORCID 0009-0005-4982-3686).

A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

*semen.nikolaev.90@mail.ru.

ABSTRACT. *The study evaluated the effectiveness of testicular hyaluronidase in the treatment of mastitis in cows. The research was conducted on Holstein animals with recurrent catarrhal inflammation of one udder quarter (more than twice per lactation). All animals (n=20) underwent therapy, which included a supramammary novocaine block and an injection of an anti-inflammatory agent on the first day of treatment, as well as intracisternal administration of the drug «Mastiet Forte» until clinical recovery. The experimental group (n=10) additionally received an intracisternal injection of 1280 units of hyaluronidase diluted in 5 ml of saline solution. The results showed that in the experimental group, compared to the control, the somatic cell count was lower by 115.2 thousand/ml, and the number of animals with an inflammatory reaction cell concentration in the secretion exceeding 500 thousand/ml was lower by 20 %. The electrical conductivity of milk in the cows of the control group decreased by 28,6 %, while in those receiving the enzyme it decreased by 34,5 %, which is 22,1 % less compared to the animals receiving standard treatment (P≤0,01). The course of intracisternal administrations when using hyaluronidase was shortened by 0,9 days. During the one-month observation period, a relapse of the pathology was noted in one cow from the experimental group compared to three in the control group. Hematological analysis revealed that therapy with the enzyme promoted active resolution of persistent inflammation: a decrease in the number of monocytes and eosinophils, and a shift in the leukogram towards neutrophilic leukocytes, whereas in the control group these changes were less pronounced. Thus, the use of testicular hyaluronidase in the complex treatment of recurrent mastitis in cows increases the clinical effectiveness of the therapy.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Отраднов П. И., Сермягин А. А. Оценка быков-производителей по качеству потомства в стадах с разным уровнем продуктивности для выявления взаимодействия генотипа со средой // Достижения науки и техники АПК. — 2022. — Т. 36, № 11. — С. 56—61. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_11_56. EDN BRWZKU.

2. Сивкин Н. В., Стрекозов Н. И., Щеголев П. Н. Параметры использования голштинской породы в технологиях молочных ферм хозяйств разной производственной мощности // Зоотехния. — 2025. — № 1. — С. 28—32. DOI: 10.25708/ZT.2024.46.20.007. EDN XBEIUB.

3. Цис Е. Ю., Дуборезов В. М., Рыков Р. А. Продуктивность и биохимический профиль крови первотелок при повышении уровня кормления // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2024. — № 3. — С. 135—145. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-3-135-145.

4. Конопельцев И. Г., Сапожников А. Ф., Николаев С. В. Снижение уровня эндотоксикоза у телят и нетелей с помощью селенсодержащих препаратов // Современные научно—практические достижения в ветеринарии: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 11—12 апреля 2019 года. — Том Выпуск 10. — Киров: Вятская гос. сельскохозяйственная академия, 2019. — С. 25—29. EDN ZINSEX.

5. Шаньшин Н. В. Влияние комбинированного применения иммуномодуляторов на неспецифическую резистентность телят в ранний постнатальный период выращивания // Вестник КрасГАУ. — 2023. — № 6(195). — С. 111—117. DOI:10.36718/1819-4036-2023-6-111-117.

6. Мануйленко А. Н. Результаты исследований по разработке электроозонаторного устройства для улучшения показателей качества воздушной среды в животноводческих помещениях // Аграрный научный журнал. — 2024. — №

REFERENCES

1. Otradnov P. I., Sermyagin A. A. Evaluation of sires by progeny quality in herds with different productivity levels to identify genotype-environment interaction. Advances in Science and Technology of AIC. 2022;36(11):56—61. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_11_56. EDN BRWZKU.

2. Sivkin N. V., Strekozov N. I., Shchegolev P. N. Parameters of Holstein breed use in technologies of dairy farms with different production capacities. Zootekhniya. 2025;(1):28—32. DOI: 10.25708/ZT.2024.46.20.007. EDN XBEIUB.

3. Cis E. Y., Duborezov V. M., Rykov R. A. Productivity and blood biochemical profile of first—calving heifers with increased feeding level. Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. 2024;(3):135—145. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-3-135-145. EDN PHXCRD.

4. Konopeltsev I. G., Sapozhnikov A. F., Nikolaev S. V. Reduction of endotoxicosis level in calves and heifers using selenium-containing drugs. In: Modern Scientific and Practical Achievements in Veterinary Medicine: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference, Kirov, April 11—12, 2019. Vol. 10. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy; 2019. p. 25—29. EDN ZINSEX.

5. Shanshin N. V. Influence of combined use of immunomodulators on non-specific resistance of calves in the early postnatal rearing period. Bulletin of KrasGAU. 2023;6(195):111—117. DOI:10.36718/1819-4036-2023—6-111-117. EDN SBXHJJ.

6. Manuilenko A. N. Results of research on the development of an electro-ozonator device for improving air quality indicators in livestock premises. Agrarian Scientific Journal. 2024;(2):118—125. DOI: 10.28983/asj.

2. — С. 118—125. DOI: 10.28983/asj.y2024i2pp118-125.

7. Батраков, А. Я., Племяшов К. В., Корочкина Е. А. Профилактика и лечение болезней вымени у коров. — Санкт—Петербург: Проспект Науки, 2022. — 240 с.

8. Слесаренко Н. А., Хрусталев Е. Н., Широкова Е. О. Морфологическое обоснование риска возникновения мастопатий у крупного рогатого скота // Международный вестник ветеринарии. — 2023. — № 3. — С. 195—202. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.195.

9. Зимников В. И., Павленко О. Б., Манжурина О. А., Каширина Л. Н., Тюрина Е. В. Показатели неспецифической резистентности молочной железы клинически здоровых и больных маститом коров // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета гос. академия вет. медицины. — 2023. — Т. 59, № 2. — С. 129—133. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-2-129-133.

10. Алиев А. Ю. Мастит у овец // Ветеринария. — 2016. — № 5. — С. 34—38. EDN WJGEYT.

11. Конопельцев И. Г., Шулятьев В. Н. Воспаление вымени у коров. — Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. — 355 с.

12. Коба И. С., Степанишин В. В., Новикова Е. Н., Скориков А. В. Особенности формирования антимикробной резистентности микроорганизмов на животноводческих комплексах при маститах у коров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2021. — № 10. — С. 55—62. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202110008.

13. Зайцев Е. М., Брицина М. В., Озерецковская М. Н., Бажанова И. Г. Влияние трипсина, лидазы и флуимуцила на рост биопленок *Bordetella pertussis* на абиотическом субстрате // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2022. — Т. 99, № 5. — С. 545—551. DOI: 10.36233/0372-9311-218. EDN JLTJSO.

14. Журавлева М. В., Кукушкин Г. В., Свиридкина Л. П., Юров Д. Е., Каменева Т. Р. Экспериментальное изучение фармакокинетики цефотаксима при совместном введении с препаратами, обладающими гиалуронидазной активностью // Антибиотики и химиотерапия. — 2019. — Т. 64, № 5—6. — С. 9—12. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-100024.

15. Залевский А. А., Николаев С. В. Влияние интрацистернального введения гиалуронидазы на организм крупного рогатого скота // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 2. — С. 124—131. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.2.124. EDN RFXGJF.

16. Shabunin S., Bondarev I., Mikhalev V., et al. Problem of chronic endometritis in cows and ways to solve it // BIO Web of Conferences. — 2020. — Vol. 17. — Article 00101. DOI: 10.1051/bioconf/20201700101.

17. Gaur P., Zaffran I., George T., Rahimli Alekberli F., Ben-Zimra M., Levi-Schaffer F. The regulatory role of eosinophils in viral, bacterial, and fungal infections // Clinical and Experimental Immunology. — 2022. — Vol. 209, No. 1. — P. 72—82. DOI: 10.1093/cei/uxac038.

y2024i2pp118—125. EDN NWFXEU.

7. Batrakov A. Ya., Plemyashov K. V., Korochkina E. A. Prevention and Treatment of Udder Diseases in Cows. Saint Petersburg: Prospect Nauki; 2022. 240 p. EDN ISZTGW.

8. Slesarenko N. A., Khrustalev E. N., Shirokova E. O. Morphological justification of the risk of mastopathy occurrence in cattle. International Veterinary Bulletin. 2023;(3):195—202. DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.3.195. EDN YRRYWX.

9. Zimnikov V. I., Pavlenko O. B., Manzhurina O. A., Kashirina L. N., Tyurina E. V. Indicators of non—specific resistance of the mammary gland in clinically healthy cows and cows with mastitis. Scientific Notes of the Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2023;59(2):129—133. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-2-129-133. EDN RTSMYI.

10. Aliev A. Yu. Mastitis in sheep. Veterinariya. 2016;(5):34—38. EDN WJGEYT.

11. Konopeltsev I. G., Shulyatev V. N. Udder Inflammation in Cows. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy; 2010. 355 p. EDN XAPHTP.

12. Koba I. S., Stepanishin V. V., Novikova E. N., Skorikov A. V. Peculiarities of antimicrobial resistance formation in microorganisms on livestock complexes in cows with mastitis. Veterinary Science, Zootechnics and Biotechnology. 2021;(10):55—62. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202110008. EDN ELSVFE.

13. Zaitsev E. M., Britsina M. V., Ozertskovskaya M. N., Bazhanova I. G. Influence of trypsin, lidase, and fluimucil on biofilm growth of *Bordetella pertussis* on an abiotic substrate. Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology. 2022;99(5):545—551. DOI: 10.36233/0372—9311—218. EDN JLTJSO.

14. Zhuravleva M. V., Kukushkin G. V., Sviridkina L. P., Yurov D. E., Kameneva T. R. Experimental study of cefotaxime pharmacokinetics with co—administration of hyaluronidase—active drugs. Antibiotics and Chemotherapy. 2019;64(5—6):9—12. DOI: 10.24411/0235-2990-2019-100024. EDN IICIYT.

15. Zalevsky A. A., Nikolaev S. V. Influence of intracisternal administration of hyaluronidase on the organism of cattle. International Veterinary Bulletin. 2024;(2):124—131. DOI: 10.52419/issn2072—2419.2024.2.124. EDN RFXGJF.

16. Shabunin S., Bondarev I., Mikhalev V., et al. Problem of chronic endometritis in cows and ways to solve it // BIO Web of Conferences. — 2020. — Vol. 17. — Article 00101. DOI: 10.1051/bioconf/20201700101.

17. Gaur P., Zaffran I., George T., Rahimli Alekberli F., Ben-Zimra M., Levi-Schaffer F. The regulatory role of eosinophils in viral, bacterial, and fungal infections // Clinical and Experimental Immunology. — 2022. — Vol. 209, No. 1. — P. 72—82. DOI: 10.1093/cei/uxac038.

УДК: 619:616.36-008.6:615.015.4:577.152.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.161

КОРРЕЛЯЦИЯ УРОВНЯ CYPOR С ФАРМАКОКИНЕТИКОЙ КОФЕИНА И СОРБИТОЛА ПРИ ГЕПАТОБИЛИАРНЫХ ПАТОЛОГИЯХ У КРЫС

Понамарёв В. С. — канд. ветеринар. наук, доц. кафедры фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-6852-3110); **Попова О. С.** — д-р ветеринар. наук, доц. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002- 0650-0837).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

* nir@spbguvm.ru.

Ключевые слова: *CYPOR, цитохром Р450 оксидоредуктаза, кофеин, сорбитол, фармакокинетика.*

Key words: *CYPOR, cytochrome P450 oxidoreductase, caffeine, sorbitol, pharmacokinetics*

Финансирование. *Исследование выполнено при финансовой под-держке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 24-76-10011 (https://rscf.ru/project/24-76-10011/).*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Целью настоящего исследования явилось изучение корреляционных взаимозависимостей между содержанием CYPOR в сыворотке крови и фармакокинетическими показателями кофеина и сорбитола у лабораторных животных с индуцированными патологиями гепатобилиарной системы. Проверка данной гипотезы позволит обосновать возможность использования CYPOR в качестве суррогатного биомаркера для прогнозирования индивидуальной вариабельности метаболизма ксенобиотиков у животных с заболеваниями печени. Исследование проведено на 120 лабораторных крысах массой 180—220 г, обоего пола. Моделирование патологий гепатобилиарной системы осуществляли в соответствии с «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» под редакцией Р. У. Хабриева (2005). Острый токсический гепатит индуцировали введением метилтрихлорида по запатентованной методике (патент RU2821264C1). Жировой гепатоз моделировали с использованием сернокислого стронция и высокожировой диеты согласно патенту № 2766772 С1. Язвенное поражение желудочно-кишечного тракта индуцировали введением индометацина. Животные были распределены на экспериментальные группы с учётом пола: контрольная (интактные), токсический гепатит, жировой гепатоз, язвенное поражение ЖКТ, а также группы с введением экзогенного цитохрома С на фоне указанных патологий. Концентрацию CYPOR в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих наборов (Cloud-Clone Corp., США). Показано, что уровень CYPOR демонстрирует сильную обратную корреляцию с периодом полувыведения кофеина ($r=–0,85$, $p<0,01$) и прямую корреляцию с его клиренсом ($r=0,88$, $p<0,01$), что подтверждает ключевую роль CYPOR как обязательного электронного донора для CYP1A2-опосредованного метаболизма. Для сорбитола, корреляции с CYPOR были умеренными ($r = 0,55—0,60$), что указывает на ограниченную применимость CYPOR в качестве предиктора фармакокинетики субстратов с преимущественно внецитохромным путём элиминации.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Печень является центральным органом детоксикации ксенобиотиков и эндогенных метаболитов, а оценка её функционального состояния представляет собой одну из ключевых задач современной ветеринарной и клинической фармакологии [1]. Традиционно используемые биохимические маркеры, такие как активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) и уровень билирубина, позволяют констатировать факт повреждения гепатоцитов, однако они не отражают резервные возможности системы биотрансформации и не дают прогностической оценки метаболической активности печени [2—4]. В связи с этим актуальным направлением является поиск новых интегральных биомаркеров, способных характеризовать функциональный статус всей микросомальной монооксигеназной системы.

Ключевую роль в функционировании системы цитохромов Р450 играет НАДФН-цитохром Р450 оксидоредуктаза (CYPOR) — фермент, обеспечивающий перенос электронов от НАДФН к гему цитохрома Р450 через флавинадениндинуклеотид (ФАД) и флавинмононуклеотид (ФМН)[5]. CYPOR служит обязательным электронным донором для всех микросомальных изоформ цитохрома Р450, и её активность является лимитирующим звеном в процессе окислительного метаболизма широкого спектра эндогенных и экзогенных субстратов. Таким образом, уровень CYPOR может рассматриваться как суррогатный маркер общей функциональной активности системы детоксикации [6—12].

Одним из наиболее изученных субстратов цитохромов Р450 является кофеин — природный метилксантин, метаболизм которого в печени на 95 % опосредован изоферментом CYP1A2. Деметилирование кофеина катализируется именно этим изоферментом, что делает кофеин удобным маркерным субстратом для фенотипирования CYP1A2 *in vivo*. Фармакокинетические параметры кофеина, включая период полувыведения (T½), клиренс (Cl) и площадь под фармакокинетической кривой (AUC), широко используются для оценки метаболической функции печени, однако их интерпретация требует учёта множества факторов, включая генетический полиморфизм и функциональное состояние редокс-системы.

В отличие от кофеина, сорбитол (D-глюцитол) представляет собой природный полиол, который метаболизируется преимущественно в печени, но с существенно меньшим участием цитохромов Р450. Сорбитол обладает исключительно высоким коэффициентом экстракции печенью — до 0,93±0,05 в норме, что позволяет использовать его клиренс для оценки печёночного кровотока и функционального состояния гепатобилиарной системы. В рамках проекта РНФ № 24-26-00005 «Разработка диагностической модели определения функционального состояния гепатобилиарной системы, базирующейся на исследовании клиренса сорбитола» были получены референсные данные по фармакокинетике сорбитола у лабораторных животных, что создало основу для сравнительного анализа с показателями CYPOR.

Предшествующие исследования, выполненные в рамках проектов РНФ № 23-26-00011 (кофеин) и № 24-26-00005 (сорбитол), позволили охарактеризовать фармакокинетические профили этих двух субстанций у лабораторных животных с различными патологиями. Однако вопрос о взаимосвязи между уровнем CYPOR и индивидуальной вариабельностью фармакокинетических параметров оставался открытым. Учитывая, что CYPOR является критическим компонентом всей цитохромной системы, логично предположить существование корреляционных зависимостей между её содержанием и скоростью элиминации субстратов, метаболизируемых CYP450-зависимым путём.

Целью настоящего исследования явилось изучение корреляционных взаимозависимостей между содержанием CYPOR в сыворотке крови и фармакокинетическими показателями кофеина и сорбитола у лабораторных животных с индуцированными патологиями гепатобилиарной системы. Исследование выполнено в рамках реализации проекта РНФ № 24-76-10011 «Микросомальное окисление и его влияние на кинетические свойства лекарственных веществ и ксенобиотиков в контексте оценки активности CYPOR».

Гипотеза исследования заключалась в том, что уровень CYPOR, отражая функциональную активность всей микросомальной монооксигеназной системы, должен демонстрировать более сильную корреляцию с фармакокинетикой субстратов, метаболизм которых преимущественно опосредован цитохромами Р450 (кофеин), по сравнению с субстратами, элиминация которых в меньшей степени зависит от CYP450 (сорбитол). Проверка данной гипотезы позволит обосновать возможность использования CYPOR в качестве суррогатного биомаркера для прогнозирования индивидуальной вариабельности метаболизма ксенобиотиков у животных с заболеваниями печени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование проведено на 120 лабораторных крысах линии Wistar массой 180—220 г, обоего пола. Животные содержались в условиях вивария кафедры фармакологии и токсикологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ в соответствии с «Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях» (Страсбург, 1987) и Директивой 2010/63/ЕС. Экспериментальный дизайн одобрен Комиссией по биоэтике ФГБОУ ВО СПбГУВМ.

Моделирование патологий гепатобилиарной системы осуществляли в соответствии с «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» под редакцией Р. У. Хабриева (2005). Острый токсический гепатит индуцировали введением метилтрихлорида по запатентованной методике (патент RU2821264C1). Жировой гепатоз моделировали с использованием сернокислого стронция и высокожировой диеты согласно патенту № 2766772 C1. Язвенное поражение желудочно-кишечного тракта индуцировали введением индометацина (патент RU2269161C2). Животные были распределены на экспериментальные группы с учётом пола: контрольная (интактные), токсический гепатит, жировой гепатоз, язвенное поражение ЖКТ, а также группы с введением экзогенного цитохрома С на фоне указанных патологий.

Концентрацию CYPOR в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих наборов (Cloud-Clone Corp., США) и верифицировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ-детекцией (ВЭЖХ-УФ) по ранее валидированной методике. Предел обнаружения составил 0,1 мкг/мл, предел количественного определения — 0,3 мкг/мл. Внутрисерийная вариабельность не превышала 5 %, межсерийная — 8 %.

Для изучения фармакокинетики животным внутрижелудочно вводили кофеин в дозе 20 мг/кг или сорбитол в дозе 0,5 г/кг. Пробы крови отбирали в динамике через 0, 15, 30, 60, 120 и 240 минут после введения. Концентрацию субстанций в плазме определяли методом ВЭЖХ. На основе полученных данных рассчитывали основные фармакокинетические параметры: площадь под фармакокинетической кривой (AUC), период полувыведения (T½), общий клиренс (Cl) и максимальную концентрацию (Cmax) с использованием некомпартментного анализа.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни для межгрупповых сравнений. Корреляционный анализ выполнен с расчётом коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r). Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Определение референсных уровней CYPOR показало, что у интактных животных средняя концентрация фермента в сыворотке составляла у самцов 1,84 нг/мл, у самок — 2,16 нг/мл; достоверных половых различий не выявлено. При моделировании патологий наблюдалось закономерное повышение уровня CYPOR, причём наиболее выраженная индукция зафиксирована в группах с токсическим гепатитом и при дополнительном введении экзогенного цитохрома С. Полученные данные систематизированы в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, наиболее значительное повышение CYPOR (в 4—5 раз) наблюдалось при сочетании токсического гепатита с введением экзогенного цитохрома С, что указывает на синергизм в индукции редокс-системы. При язвенном поражении ЖКТ рост CYPOR был минимальным (всего в 1,2—1,4 раза), что подтверждает тканеспецифичность регуляции фермента.

При изучении фармакокинетики кофеина установлено, что у животных с токсическим гепатитом и жировым гепатозом период полувыведения кофеина был значительно удлинён по сравнению с контролем, что отражало снижение метаболической активности CYP1A2. Корреляционный анализ выявил сильную обратную зависимость между уровнем CYPOR и периодом полувыведения кофеина ($r=–0,85$, $p<0,01$), а также прямую корреляцию с клиренсом кофеина ($r=0,88$, $p<0,01$). Это означает, что более высокий уровень CYPOR ассоциировался с ускоренным выведением кофеина, что закономерно, учитывая обязательную роль CYPOR как электронного донора для CYP1A2.

В контрольной группе здоровых животных корреляция между CYPOR и фармакокинетическими параметрами кофеина была слабой ($r<0,3$), что объясняется небольшим разбросом значений CYPOR в физиологических условиях. При введении экзогенного цитохрома С на фоне токсического гепатита корреляционные связи усиливались: коэффициент корреляции между CYPOR и T½ кофеина достигал –0,92, что указывает на потенцирование CYP450-зависимого метаболизма в условиях стимуляции редокс-системы.

Изучение фармакокинетики сорбитола показало, что его клиренс также был повышен у животных с высоким уровнем CYPOR, однако корреляционные связи были умеренными (r около 0,55—0,60). Это объясняется тем, что сорбитол метаболизируется преимущественно в печени, но с меньшим участием цитохромов Р450; его элиминация в большей степени зависит от печёночного кровотока и активности сорбитолдегидрогеназы, чем от функционального состояния микросомальной монооксигеназной системы. Тем не менее, у животных с высокой экспрессией CYPOR клиренс сорбитола был достоверно выше, что может отражать общее улучшение перфузии и метаболической активности печени на фоне компенсаторной индукции детоксикационной системы.

Для наглядного сравнения корреляционных зависимостей между CYPOR и фармакокинетическими параметрами двух субстратов в различных патологических группах все коэффициенты Спирмена сведены в таблицу 2.

Данные таблицы 2 убедительно демонстрируют, что сила корреляции с CYPOR существенно выше для кофеина (особенно в группах с гепатитом и при стимуляции цитохромом С), чем для сорбитола. При язвенном поражении ЖКТ, где уровень CYPOR повышается незначительно, корреляции с фармакокинетикой обоих субстратов слабые или недостоверные. Введение экзогенного цитохрома С усиливает связи для обоих маркеров, но для кофеина это усиление более выражено.

При сопоставлении корреляционных зависимостей для двух маркерных субстанций выявлено, что сила корреляции с CYPOR была существенно выше для кофеина ($r=–0,85…–0,92$), чем для сорбитола ($r=0,55—0,76$). Это подтверждает гипотезу о том, что CYPOR является более информатив-

Таблица 1 — Уровни CYPOR в сыворотке крови (нг/мл, M±SD) у крыс с различными патологиями гепатобилиарной системы (n= 20 на группу)

Table 1 — CYPOR levels in blood serum (ng/ml, M±SD) in rats with various hepatobiliary pathologies (n= 20 per group)

Группа	Самцы	Самки
Контроль (интактные)	1,84±0,21	2,16±0,25
Острый токсический гепатит	4,97±0,43*	4,71±0,39*
Жировой гепатоз	4,88±0,41*	4,62±0,38*
Язвенное поражение ЖКТ	2,68±0,22**	2,83±0,24**
Токсический гепатит + цитохром С	9,16±0,81*	9,45±0,86*
Язва ЖКТ + цитохром С	6,57±0,54*	7,14±0,61*

***Примечание:** * — $p<0,05$ по сравнению с контролем; **— $p<0,05$, но менее выражено, чем при гепатитах.*

ным суррогатным маркером для субстратов, метаболизм которых преимущественно опосредован цитохромами Р450. Для сорбитола, элиминация которого в меньшей степени зависит от CYP450, диагностическая ценность CYPOR в качестве предиктора фармакокинетики ограничена.

Анализ корреляций в различных патологических группах показал, что наиболее сильные взаимосвязи наблюдались при токсическом гепатите и жировом гепатозе — состояниях, сопровождающихся выраженной индукцией CYPOR. В группе с язвенным поражением ЖКТ, где рост CYPOR был минимален (до 2,68—2,83 нг/мл), корреляции с фармакокинетическими параметрами были статистически незначимыми, что подтверждает тканеспецифичный характер регуляции данного фермента и его ограниченную диагностическую ценность при патологиях, не связанных преимущественно с CYP450-опосредованным метаболизмом.

Следует отметить, что в группах с введением экзогенного цитохрома С корреляционные связи между CYPOR и фармакокинетикой кофеина не только сохранялись, но и усиливались, несмотря на высокую вариабельность CYPOR в условиях фармакологической стимуляции. Это свидетельствует о наличии положительной обратной связи между пулом цитохромов Р450 и экспрессией их редокс-партнера, что имеет важное значение для понимания регуляции детоксикационной системы.

Для сорбитола в группах с введением экзогенного цитохрома С также наблюдалось усиление корреляционных связей с CYPOR (r достигала 0,76), что может быть связано с улучшением общего функционального состояния печени и увеличением печёночного кровотока на фоне стимуляции метаболических процессов. Однако эти корреляции оставались менее выраженными, чем для кофеина.

Полученные результаты демонстрируют, что CYPOR может служить чувствительным интегральным биомаркером функционального состояния печени, особенно при токсических и метаболических поражениях, сопровождающихся компенсаторной индукцией микросомальной монооксигеназной системы. Выявленная сильная корреляция между уровнем CYPOR и фармакокинетикой кофеина открывает возможность использования CYPOR для прогнозирования индивидуальной вариабельности метаболизма ксенобиотиков у животных с заболеваниями печени без прямого измерения фармакокинетики каждого препарата.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В результате проведённого исследования впервые установлены количественные корреляционные взаимосвязи между содержанием CYPOR в сыворотке крови и фармакокинетическими показателями кофеина и сорбитола у лабораторных животных с индуцированными патологиями гепатобилиарной системы. Показано, что уровень CYPOR демонстрирует сильную обратную корреляцию с периодом полувыведения кофеина ($r=–0,85$, $p<0,01$) и прямую корреляцию с его клиренсом ($r=0,88$, $p<0,01$), что подтверждает ключевую роль CYPOR как обязательного электронного донора для CYP1A2-опосредованного метаболизма. Для сорбитола, метаболизм которого в меньшей степени зависит от цитохромов Р450, корреляции с CYPOR были умеренными ($r=0,55–0,60$), что указывает на ограниченную применимость CYPOR в качестве предиктора фармакокинетики субстратов с преимущественно внецитохромным путём элиминации.

Наиболее выраженные корреляционные зависимости выявлены при токсическом гепатите и жировом гепатозе — патологиях, сопровождающихся значительной индукцией CYPOR. Введение экзогенного цитохрома С потенцировало эти связи, что свидетельствует о наличии положительной обратной связи в системе цитохром Р450-CYPOR. Полученные данные имеют прямое практическое значение: определение уровня CYPOR в сыворотке крови может быть использовано для прогнозирования индивидуальной вариабельности метаболизма ксенобиотиков у животных с заболеваниями печени, что важно для оптимизации дозирования лекарственных средств и персонализированного подхода в ветеринарной фармакотерапии. Дальнейшие исследования должны быть направлены на валидацию полученных закономерностей на продуктивных животных и разработку диагностических алгоритмов на основе комплексной оценки CYPOR и фармакокинетических маркеров.

Таблица 2 — Коэффициенты корреляции Спирмена (r) между уровнем CYPOR и фармакокинетическими параметрами кофеина и сорбитола в экспериментальных группах

Table 2 — Spearman correlation coefficients (r) between CYPOR levels and pharmacokinetic parameters of caffeine and sorbitol in experimental groups

Группа	Кофеин (Cl)	Сорбитол (Cl)
Контроль (интактные)	0,19	0,15
Острый токсический гепатит	0,88*	0,58*
Жировой гепатоз	0,85*	0,55*
Язвенное поражение ЖКТ	0,28	0,21
Токсический гепатит + цитохром С	0,94*	0,76*
Язва ЖКТ + цитохром С	0,72*	0,62*

Примечание: ** – $p<0,05$ (статистически значимые корреляции).*

CORRELATION OF CYPOR LEVEL WITH PHARMACOKINETICS OF CAFFEINE AND SORBITOL IN HEPATOBILIARY PATHOLOGIES IN RATS

Ponamarev V. S. — Ph.D. (Veterinary Sciences), Associate Professor, Department of Pharmacology and Toxicology (0000-0002-6852-3110); **Popova O. S**. — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-0650-0837).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* nir@spbguvm.ru.

The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation within the framework of scientific project No. 24-76-10011 (https://rscf.ru/project/24-76-10011/).

ABSTRACT. *The aim of this study was to investigate the correlation between serum CYPOR levels and the pharmacokinetic parameters of caffeine and sorbitol in laboratory animals with induced hepatobiliary pathologies. Testing this hypothesis will substantiate the possibility of using CYPOR as a surrogate biomarker for predicting individual variability in xenobiotic metabolism in animals with liver disease. The study was conducted on 120 laboratory rats of both sexes weighing 180—220 g. Modeling of hepatobiliary pathologies was carried out in accordance with the «Guidelines for the Experimental (Preclinical) Study of New Pharmacological Substances» edited by R.U. Khabriev (2005). Acute toxic hepatitis was induced by administering methyl trichloride using a patented method (patent RU2821264C1). Fatty liver was modeled using strontium sulfate and a high-fat diet according to patent No. 2766772C1. Ulcerative gastrointestinal lesions were induced by administering indomethacin. Animals were divided into experimental groups based on gender: control (intact), toxic hepatitis, fatty liver, gastrointestinal ulceration, and groups receiving exogenous cytochrome C against the background of the indicated pathologies. CYPOR concentrations in serum were determined by enzyme-linked immunosorbent assay using commercial kits (Cloud-Clone Corp., USA). CYPOR levels were shown to exhibit a strong inverse correlation with caffeine half-life (r=–0,85, p<0,01) and a direct correlation with its clearance (r=0,88, p<0,01), confirming the key role of CYPOR as an obligate electron donor for CYP1A2-mediated metabolism. For sorbitol, correlations with CYPOR were moderate (r=0,55—0,60), indicating the limited applicability of CYPOR as a predictor of the pharmacokinetics of substrates with a predominantly extracytochrome elimination pathway.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1.Кириллов, А. А. Этиология, распространение и экономический ущерб при заболеваниях печени у коров / А. А. Кириллов, П. Н. Юшманов, А. Я. Батраков // Международный вестник ветеринарии. — 2015. — № 1. — С. 7—12. EDN RSHTIM.

2. Алехин, Ю. Н. Динамика заболеваемости и синдромальной структуры патологии печени у молодняка свиней в период доращивания и откорма / Ю. Н. Алехин, О. С. Попова // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — № 3. — С. 539—547. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.539. EDN UCMLOL.

3. Васильева, С. В. Изучение взаимосвязи печеночных трансаминаз и щелочной фосфатазы с активностью гамма-глутамилтрансферазы у лошадей / С. В. Васильева // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2023. — № 4. — С. 167—170. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.167. EDN DZBCDS.

4. Крячко, О. В. Изменение активности аминотрансфераз сыворотки крови крыс при моделировании острого токсического гепатита / О. В. Крячко, Л. А. Лукоянова, К. А. Анисимова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2023. — № 4. — С. 194—197. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.194. EDN KPAMEQ.

5. Ефимов, В. Я. Концентрации уровни Сурог при различных патологиях желудочно-кишечного тракта / В. Я. Ефимов, А. В. Кострова // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — № 3. — С. 216—222. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.216. EDN DDLHXP.

6. OR08-02-23 CYPOR Is a Promising Target for Lycopene Preventing Atrazine-Induced Ferroptosis in the

REFERENCES

1. Kirillov, A. A. Etiology, distribution, and economic damage caused by liver diseases in cows / A. A. Kirillov, P. N. Yushmanov, and A. Ya. Batrakov // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2015. — No. 1. — P. 7—12. EDN RSHTIM.

2. Alekhin, Yu. N. Dynamics of morbidity and syndromal structure of liver pathology in young pigs during the period of rearing and fattening / Yu. N. Alekhin, O. S. Popova // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2025. — No. 3. — P. 539—547. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.539. EDN UCMLOL.

3. Vasilyeva, S. V. Study of the Relationship between Liver Transaminases and Alkaline Phosphatase and Gamma-Glutamyltransferase Activity in Horses / S. V. Vasilyeva // Regulatory and Legal Framework in Veterinary Medicine. — 2023. — No. 4. — P. 167—170. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.167. EDN DZBCDS.

4. Kryachko, O. V. Change in the activity of rat blood serum aminotransferases during modeling of acute toxic hepatitis / O. V. Kryachko, L. A. Lukoyanova, K. A. Anisimova // Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Medicine. — 2023. — No. 4. — P. 194—197. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.194. EDN KPAMEQ.

5. Efimov, V. Ya. Concentration levels of Surrog in various pathologies of the gastrointestinal tract / V. Ya. Efimov, A. V. Kostrova // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2025. — No. 3. — P. 216—222. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.216. EDN DDLHXP.

6. OR08-02-23 CYPOR Is a Promising Target for Lycopene Preventing Atrazine-Induced Ferroptosis in the

Mouse Liver / P. An. Jian, X. Yu. Ma, B. J. Yi, X. N. Li // Current Developments in Nutrition. — 2023. — Vol. 7. — P. 100202. DOI 10.1016/j.cdnut.2023.100202. EDN WHITNG.

7. Gardner, P. R. Nitric oxide metabolism in mammalian cells: Substrate and inhibitor profiles of a NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase — coupled microsomal nitric oxide dioxygenase / P. R. Gardner, C. K. Hallstrom, A. M. Gardner // Free Radical Biology & Medicine. — 2004. — Vol. 37, No. 2. — P. 216—228. DOI 10.1016/j.freeradbiomed.2004.04.031. EDN LWVFAF.

8. Structural and Functional Studies of the Membrane—Binding Domain of NADPH-Cytochrome P450 Oxidoreductase / C. Xia, P. Duangkaew, R. Kotewong [et al.] // Biochemistry. — 2019. — Vol. 58, No. 19. — P. 2408—2418. DOI 10.1021/acs.biochem.9b00130. EDN QEDGHU.

9. Kim, J. J. P. Structure and catalytic mechanism of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase: A prototype of the diflavin oxidoreductase family of enzymes / J. J. P. Kim, A. L. Shen, C. Xia // Handbook of Flavoproteins: Complex Flavoproteins, Dehydrogenases and Physical Methods. Vol. 2, 2013. — P. 73—102. DOI 10.1515/9783110298345.73. EDN YDEAHE.

10. Kim, J. J. P. Structure and catalytic mechanism of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase: A prototype of the diflavin oxidoreductase family of enzymes / J. J. P. Kim, A. L. Shen, C. Xia // Handbook of Flavoproteins: Complex Flavoproteins, Dehydrogenases and Physical Methods. Vol. 2, 2013. — P. 73—102. DOI 10.1515/9783110298345.73. EDN YDEAHE.

11. Structure and function of an NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase in an open conformation capable of reducing cytochrome P450 / D. Hamdane, S. C. Im, H. Zhang [et al.] // Journal of Biological Chemistry. — 2009. — Vol. 284, No. 17. — P. 11374—11384. DOI 10.1074/jbc.M807868200. EDN XYAWHT.

12. Structural and kinetic investigations of the carboxy terminus of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase / P. A. Hubbard, Ch. Xia, A. L. Shen, Ju. Ja. P. Kim // Archives of Biochemistry and Biophysics. — 2021. — Vol. 701. — P. 108792. DOI 10.1016/j.abb.2021.108792. EDN PGVYAC.

Mouse Liver / P. An. Jian, X. Yu. Ma, B. J. Yi, X. N. Li // Current Developments in Nutrition. — 2023. — Vol. 7. — P. 100202. DOI 10.1016/j.cdnut.2023.100202. EDN WHITNG.

7. Gardner, P. R. Nitric oxide metabolism in mammalian cells: Substrate and inhibitor profiles of a NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase — coupled microsomal nitric oxide dioxygenase / P. R. Gardner, C. K. Hallstrom, A. M. Gardner // Free Radical Biology & Medicine. — 2004. — Vol. 37, No. 2. — P. 216—228. DOI 10.1016/j.freeradbiomed.2004.04.031. EDN LWVFAF.

8. Structural and Functional Studies of the Membrane—Binding Domain of NADPH-Cytochrome P450 Oxidoreductase / C. Xia, P. Duangkaew, R. Kotewong [et al.] // Biochemistry. — 2019. — Vol. 58, No. 19. — P. 2408—2418. DOI 10.1021/acs.biochem.9b00130. EDN QEDGHU.

9. Kim, J. J. P. Structure and catalytic mechanism of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase: A prototype of the diflavin oxidoreductase family of enzymes / J. J. P. Kim, A. L. Shen, C. Xia // Handbook of Flavoproteins: Complex Flavoproteins, Dehydrogenases and Physical Methods. Vol. 2, 2013. — P. 73—102. DOI 10.1515/9783110298345.73. EDN YDEAHE.

10. Kim, J. J. P. Structure and catalytic mechanism of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase: A prototype of the diflavin oxidoreductase family of enzymes / J. J. P. Kim, A. L. Shen, C. Xia // Handbook of Flavoproteins: Complex Flavoproteins, Dehydrogenases and Physical Methods. Vol. 2, 2013. — P. 73—102. DOI 10.1515/9783110298345.73. EDN YDEAHE.

11. Structure and function of an NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase in an open conformation capable of reducing cytochrome P450 / D. Hamdane, S. C. Im, H. Zhang [et al.] // Journal of Biological Chemistry. — 2009. — Vol. 284, No. 17. — P. 11374—11384. DOI 10.1074/jbc.M807868200. EDN XYAWHT.

12. Structural and kinetic investigations of the carboxy terminus of NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase / P. A. Hubbard, Ch. Xia, A. L. Shen, Ju. Ja. P. Kim // Archives of Biochemistry and Biophysics. — 2021. — Vol. 701. — P. 108792. DOI 10.1016/j.abb.2021.108792. EDN PGVYAC

ЗООГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, КОРМЛЕНИЕ

УДК: 636.2.081.2:004.087
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.167

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ТРАНСПОНДЕРОВ

Трушкин В. А.* — канд. ветеринар. наук, доц. каф. клинической диагностики (ORCID 0000-0002-2948-725X); **Кучеренко К. Б.** — студ. 4 курса факультета ветеринарной медицины (ORCID 0009-0007-9860-3326).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

* trushkin84@yandex.ru.

Ключевые слова: *коровы, транспондер, ошейник, бирка, активность, идентификация.*

Key words: *cows, transponder, collar, tag, activity, identification.*

Поступила в редакцию / Received: 24.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Обеспечение постоянного объёма и качества производимой продукции является одной из ключевых задач современного животноводства. Для этого прибегают к различным методам оптимизации и увеличения самого производства продукции, в частности к увеличению рабочего поголовья. Повышение эффективности производства в современном животноводстве напрямую связано с внедрением точных технологий контроля физиологического состояния поголовья. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью перехода от традиционных, трудоемких методов наблюдения к автоматизированным системам, обеспечивающим непрерывный мониторинг и оперативное принятие управленческих решений. Целью настоящего исследования является комплексный сравнительный анализ современных методов идентификации и контроля активности крупного рогатого скота с использованием систем транспондеров. В работе проводится детальная оценка технических характеристик, функциональных возможностей и практической применимости различных типов датчиков, представленных на рынке. Рассматриваются такие широко распространенные решения, как ушные бирки, ошейники, рубцовые болюсы, а также менее распространенные системы — недоуздки и повязки на конечности. Для каждого типа устройств анализируются ключевые параметры: спектр регистрируемых физиологических и поведенческих показателей, надежность крепления, точность и достоверность получаемых данных, а также адаптивность к различным системам содержания животных. Результаты анализа демонстрируют отсутствие универсального решения и выявляют специфические преимущества и ограничения каждой из систем, что определяет их целесообразность применения в зависимости от конкретных производственных задач. В заключении обосновывается необходимость выбора технологии мониторинга на основе комплексного учета приоритетов хозяйства, что является ключевым фактором для успешной цифровизации процессов управления стадом. Перспективы развития видятся в создании интегрированных платформ, объединяющих данные, собранные при помощи комбинации методов контроля активности крупного рогатого скота.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Обеспечение постоянного объёма и качества производимой продукции является одной из ключевых задач современного животноводства. Для этого прибегают к различным методам оптимизации и увеличения самого производства продукции, в частности к увеличению рабочего поголовья.

Качество и количество производимого животным продукции напрямую зависит от общего состояния организма животного и его физиологических особенностей. Отслеживание и контроль состояния скота являются необходимостью для грамотного и своевременного воспроизводства стада, составления рациона, соответствующего физиологическому состоянию животного, предотвращения развития патологических процессов и т.п. Для этого применяются различные методики, например, ведение учета, контроль состояния путём регулярного обхода и осмотра животных, но эффективность этих методов значительно снижается с увеличением численности поголовья.

В настоящее время, в практику входит применение автоматизированных систем мониторинга состояния животного, использующие различные датчики, что уменьшает потребность в регулярности обходов мест содержания животных, минимизирует рабочую нагрузку на сотрудников, оптимизируя тем самым мониторинг состояния и

идентификацию животного [1—7].

Сейчас рынок предоставляет на выбор широкий ассортимент устройств, собирающих данные о физиологическом состоянии продуктивного животного. Различные типы приборов отличаются конструкцией, функциональным назначением и областью применения. От изделий, служащих исключительно для идентификации особей в поголовье, до устройств способных автоматизировать процессы кормления, поения и доения на предприятии [2, 3, 8—11].

Данная работа представляет из себя анализ различных источников, с целью сравнить доступные на рынке современные методы идентификации и контроля активности крупного рогатого скота, опираясь на предлагаемый разработчиками функционал, техническое оснащение, тесты и опыт использования пользователями различных датчиков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS. Для обзора, представленного далее, в качестве материалов использовались различные опубликованные статьи, исследования, описания строения и принципа работы различных систем мониторинга, сайты производителей.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Современные методы идентификации и контроля жизнедеятельности крупного рогатого скота строятся на использовании специальных устройств, которые собирают данные об актуальном состоянии животного, обрабатывают, анализируют их, сохраняют и выводят в удобный для мониторинга сотрудниками предприятия формат. Комплексно устройство состоит из маркировочного устройства, которое представляет из себя датчик с идентификационным номером, и блока приёма сигнала и информации. Некоторые производители включат в данную систему ещё один компонент – компьютер, который обрабатывает и впоследствии выводит собранную информацию в удобном для чтения виде [12].

Анализ доступных источников литературы позволяет выделить ряд параметров, имеющих ключевое значение при сравнении методов идентификации и контроля активности крупного рогатого скота на производственных предприятиях. Классифицировать устройства для мониторинга поголовья можно исходя из конструкционных особенностей приборов, типов передачи сигнала, удобства чтения полученных от устройств данных, спектра данных о состоянии продуктивного животного, которые транспондер собирает и обрабатывает в процессе использования.

Далее приведён список систем мониторинга, чьи характеристики и сферы применения будут сравниваться в работе.

1. *Ушные бирки.*

Ушные бирки являются не только законодательно закреплённым методом идентификации [11,13], но и популярным методом размещения датчиков мониторинга. Установка производится в центр уха с помощью специального тавратора.

Спектр собираемых данных зависят напрямую от производителя. Датчики, устанавливаемые на ухе, собирают данные об активности и температуре животного. Акселерометры позволяют отслеживать потребление кормов, жвачку, отдых, активность [14].

Ключевыми преимуществами данных систем являются простота установки, минимальный стресс для животного и массовость данного метода идентификации. Главным недостатком является риск потери или повреждения бирки в условиях содержания крупного рогатого скота [14, 15].

Передача данных осуществляется на базовые станции, установленные на территории сельскохозяйственного предприятия. Впоследствии информация поступает в специализированное программное обеспечение для анализа и становится доступна для отслеживания сотрудниками предприятия [15].

При проведении анализа работы системы Smartbow, оснащённой трёхосным акселерометром и термометром, было установлено, что достоверность собранной датчиками бирки информации, соответствует результатам проведённого визуального наблюдения за животным, а коэффициент корреляции составляет: $r > 0,99$, а точность регистрирования состояния охоты у животных доходит до 97 % случаев [16].

Такие системы предоставляют компании TekVet (Нидерланды); SCR (Израиль); Zoetis (Австрия) и т.п.

2. *Ошейники.*

Ошейники представляют собой один из самых доступных, надёжных и универсальных методов идентификации и мониторинга активности.

Основная задача ошейника отслеживать общую активность животного, что способствует выявлению охоты. Для этого они оснащены акселерометрами. Существуют модели, оснащённые микрофонами, что позволяет отслеживать не только физическую активность и моцион, но и количество потребляемого корма, актов и длительность жвачки [3, 14]. Также ошейник позволяет осуществлять “узконаправленный мониторинг”. Датчики ошейника можно закреплять в разных областях шеи крупного рогатого скота. При закреплении акселерометра ближе к дорсальной части шеи, вертикальные движения головой становятся более заметными на графиках, что может свидетельствовать о состоянии охоты у животного [3, 17—20]. Если закрепить датчик ближе к вентральной поверхности шеи, то фокус сбора данных будет смещён с активности на количество потребляемого животным корма [17—20].

Главное преимущество ошейника – надежное крепление, что уменьшает вероятность потери датчиков. Недостатком является потенциальный дискомфорт для животного в области шеи и риск поломки оборудования [15].

Данные передаются на станции расположенные в месте содержания поголовья. Позже они передаются в облако или на ПО для последующего ана-

лиза и вывода в удобном для понимания виде [15].

Данные о точности приборов варьируются. Эффективность детекции охоты имеет высокую зависимость от типа содержания. При стойловом содержании она составляет 96 %, а при пастбищном она снижается до 82 % Данные о жвачке, записанные при помощи ошейника, в сравнении с визуальным наблюдением разнятся [21—22]. Датчики в ошейнике регистрируют увеличенное на 27,3 % количество жевательных движений при загонном содержании и на 38,5 % при стойловом [21].

Ошейники представлены на рынке в широком ассортименте. Выпускают компании Ovibovi (Республика Беларусь); Lely, SCR (Израиль); BouMatic LLC (США); DeLaval (Швеция); CRV (Нидерланды) и т.п.

3. *Болюсы.*

Болюсы – это устройства в виде капсул с датчиками, которые вводятся перорально и остаются в рубце на протяжении всей жизни животного.

Болюсы оснащены акселерометрами, термометрами, а некоторые модели измеряют кислотность содержимого рубца, однако срок службы pH-метров в среднем длится несколько месяцев [14, 23]. Важной особенностью рубцовых болюсов является интервал записи и сбора данных. Болюс собирает данные 1 раз в период времени, что обеспечивает длительный срок автономной работы. Система, проводящая анализ данных, адаптирована под интервал записи информации. Интервал зависит от настроек, выставленных производителем, но имеются модели с настраиваемым таймером [23].

Основным преимуществом болюсов является их пожизненное размещение и доступ к уникальным физиологическим данным, которые другими методами мониторинга не получить. Главный недостаток заключается в невозможности извлечь болюс и “прикрепить” к нему другое животное [15]. Полноценное извлечение датчика возможно только после смерти животного. Кроме того, достоверность данных кислотности рубцового содержимого актуальна первые несколько месяцев использования болюса, из-за агрессивности среды рубца крупного рогатого скота. В первые 3 месяца погрешность измерения составляет +/- 0.2 единицы pH-метра, а к 150 дню погрешность измерений возрастает до +/- 0.4 единиц [24].

Информация собирается и передаётся на антенны, установленные на территории фермы, преимущественно в зонах отдыха или кормления животных. Затем информация отправляется на сервера со специализированным ПО для анализа [15, 24].

Болюсы занимают обширную часть рынка. Их предоставляют компании smaXtec (Австрия); eCow Ltd. (Великобритания); Smart Stock (США)

4. *Недоуздки.*

Система мониторинга активности на основе недоуздка не получила широкое распространение в промышленном животноводстве, но на рынке представлены некоторые образцы.

Недоуздок оснащается акселерометром, термометром и датчиком давления. Способен собирать данные о количестве потребляемого корма, длительности и количестве актов жвачки, количестве жевательных движений, моционе и температуре тела, а также анализировать количество употребляемой в сутки воды [14].

Преимуществом недоуздка является спектр собираемых данных. Он позволяет отслеживать широкий список факторов, которые могут быть использованы для полноценного мониторинга за состоянием животного. Недостатком данной системы является непрактичность. Датчики приносят дискомфорт животному и легко сбиваются, что приводит к искажению результатов [14, 25].

Точность измерения параметров жвачки высока, (конкордация > 0,95) но достоверность параметров моциона и потребления воды снижается (конкордация 0,38) [25].

Информацию собирают антенны, расположенные на территории хозяйства. Полученная информация пересылается на устройства со специальным ПО или в облачные сервисы, где она обрабатывается и выводится в приложении в удобном для чтения формате [26].

Производителей занимающихся разработкой датчиков с недоуздком мало, а среди компаний, которые выставляют подобные методы идентификации на рынок – единицы. К примеру, ITIN + HOCH (Швейцария)

5. *Повязки на конечности.*

Датчики в виде повязок на конечности используются в качестве одного из методов контроля двигательной активности крупного рогатого скота. Особенности крепления позволяют с высокой точностью собирать данные о моционе и отдыхе животного.

Повязки на конечности оснащаются акселерометрами и в редких случаях термометрами. Система отслеживает активность, время, которое животное затрачивает на отдых (в лежачем и стоячем положениях), а также подсчитывает количество шагов [14].

Одним из преимуществ данного метода контроля активности является простота прикрепления датчика. Датчик закрепляется на дистальных отделах конечностей. Основными недостатками данного метода закрепления и мониторинга активности являются: высокий риск загрязнения, повреждения и сбоя в работе из-за постоянного контакта с агрессивной средой и оборудованием сельскохозяйственного предприятия [14].

Тесты чувствительности и точности данного типа систем показывают результаты в 79,5 % точности измерения активности животного и 73,2 % специфичности [27].

Передача данных происходит в пассивном режиме на базовые станции, установленные на территории предприятия.

Повязки представлены широким ассорти-

ментом на рынке. Компании-производители: ITIN+HOCH (Швейцария); CRV (Нидерланды); IceRobotics (Великобритания); BouMatic (США); Afimilk LTD (Израиль).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенный сравнительный анализ современных систем мониторинга на основе транспондеров для крупного рогатого скота позволяет констатировать, что в настоящее время не существует универсального решения, превосходящего другие по всем параметрам. Каждый из рассмотренных методов характеризуется специфическим набором технологических параметров, определяющих его эффективность и целесообразность применения в конкретных производственных условиях.

Ключевыми дифференцирующими факторами при выборе системы являются спектр регистрируемых физиологических параметров, надежность крепления и связанные с этим риски потери или повреждения оборудования, а также точность и достоверность получаемых данных, которые могут варьироваться в зависимости от технологии и условий содержания животных. Эффективность систем демонстрирует прямую зависимость от решаемой задачи: устройства для идентификации общей активности (повязки, ошейники) или регистрации специфических поведенческих актов (недоуздки), мониторинга внутренней среды организма (болюсы) или комплексного отслеживания ключевых состояний, таких как охота (ушные бирки).

Таким образом, выбор оптимальной системы идентификации и контроля должен основываться на комплексной оценке приоритетных задач хозяйства, экономической целесообразности внедрения, технологических возможностей инфраструктуры и требуемого уровня детализации данных. Дальнейшее развитие технологий в данной области видится в повышении точности сенсоров, увеличении срока их службы и разработке интегрированных платформ, способных объединять данные из разнородных источников для формирования целостной картины состояния каждого животного и стада в целом.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MODERN METHODS OF IDENTIFICATION AND CONTROL OF CATTLE ACTIVITY USING A TRANSPONDER SYSTEM

Trushkin V. A.* — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Clinical Diagnostics (ORCID 0000-0002-2948-725X); **Kucherenko K. B.** — 4th-year student of the Faculty of Veterinary Medicine (ORCID 0009-0007-9860-3326).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* trushkin84@yandex.ru.

ABSTRACT. *Ensuring a consistent volume and quality of output is one of the key challenges in modern livestock farming. To achieve this, various methods are used to optimize and increase production, particularly by increasing the working herd. Enhancing production efficiency in modern livestock farming is directly associated with the implementation of precision technologies for monitoring the physiological condition of animals. The relevance of this topic arises from the urgent need to shift from traditional, labor-intensive observation methods toward automated systems that enable continuous monitoring and timely management decisions. The objective of the present study is to conduct a comprehensive comparative analysis of current methods for identifying and monitoring cattle activity using transponder-based systems. The paper provides a detailed evaluation of the technical characteristics, functional capabilities, and practical applicability of various sensor types currently available on the market. The analysis covers widely adopted solutions such as ear tags, collars, and ruminal boluses, as well as less common systems including halters and leg-mounted bands. For each device type, key parameters are examined, including the range of measurable physiological and behavioral indicators, attachment reliability, data accuracy and validity, and adaptability to different livestock housing systems. The results highlight the absence of a universal solution and reveal the specific advantages and limitations of each technology, determining their suitability for particular production objectives. In conclusion, the study emphasizes the importance of selecting monitoring technologies based on a comprehensive consideration of farm-specific priorities — an essential factor for the successful digitalization of herd management processes. Future perspectives are linked to the development of integrated platforms capable of aggregating data obtained from multiple cattle activity monitoring systems.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Research and application progress of electronic ear tags as infrastructure for precision livestock industry: a review. / W. Peng, Z. Liu, J. Cai, [et al.].// Intell. Robot. 2025, 5(2), 433—49. DOI:10.3390/ani13132096.

2. Lamanna, M.B. Wearable Collar Technologies for Dairy Cows: A Systematized Review of the Current Applications

REFERENCES

1. Research and application progress of electronic ear tags as infrastructure for precision livestock industry: a review. / W. Peng, Z. Liu, J. Cai, [et al.].// Intell. Robot. 2025, 5(2), 433—49. DOI:10.3390/ani13132096.

2. Lamanna, M.B. Wearable Collar Technologies for Dairy Cows: A Systematized Review of the Current Applications

and Future Innovations in Precision Livestock Farming. Animals. 15., 2025, 458. DOI: 10.3390/ani15030458.

3. Using a commercial precision livestock farming activity collar to automatically record and classify dairy cow activity at pasture. / M. Bouchon, H. Chanel, L. Rouchez, [et al.].// Animal — Open Space. 2025;4:100099. DOI: 10.1016/j.anopes.2025.100099.

4. Džermeikaitė K. Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases. / K. Džermeikaitė, D. Bačėninaitė, R. Antanaitis // Animals. 2023; 13(5):780. DOI: 10.3390/ani13050780.

5. Invited review: integration of technologies and systems for precision animal agriculture—a case study on precision dairy farming. / U. Kaur, V. Malacco, H. Bai [et al.] // J Anim Sci. 2023;101:skad, 206. DOI: 10.1093/jas/skad206.

6. Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. / D.W. Bailey, M.G. Trotter, C.W. Knight [et al.] // Transl Anim Sci. 2018;2(1):81—88. Published 2018 Jan 25.

7. Livestock feeding behaviour: a review on automated systems for ruminant monitoring. / J.O. Chelotti, L.S. Martinez—Rau, M. Ferrero [et al.] // Biosyst Eng. 2024;238:150—177.

8. Cattle behavior recognition from accelerometer data: leveraging in—situ cross—device model learning. / R. Arablouei, G.J. Bishop—Hurley, N Bagnall [et al.] // Comput Electron Agric. 2024;227(Pt 1):109546. DOI: 10.1016/j.compag.2024.109546.

9. Improved cattle behaviour monitoring by combining ultra-wideband location and accelerometer data. / S. Benaissa, F. Tuyttens, D. Plets [et al.] // Animal. 2023;17(4):100730. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100730.

10. Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs / J. M. Chapa, K. Maschat, M. Iwersen. [et al.] // A review. Behav Processes. 2020;181:104262. DOI: 10.1016/j.beproc.2020.104262.

11. Effects of sensor ear tags with twin pin fixing system on health and well-being of cattle / N. Gobbo Oliveira Erünlü, S. Rieder, T. Kuntzer [et al.] // Schweiz Arch Tierheilkd. 2023;165(7):512—523. DOI: 10.17236/sat00399.

12. Жилич, Е. Л. Применение систем идентификации и контроля физиологического состояния животных / Е. Л. Жилич, А. А. Кувшинов, Ю. Н. Рогальская // Техника и технологии в животноводстве. — 2021. — № 4(44). — С. 33—36.

13. О внесении изменений в Закон России "О ветеринарии" [Электронный ресурс]: Указ Президента России от 28 июня 2022 г. № 382 // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: http://actual.pravo.gov.ru/content/content.html#pnum=0001202206280083 (дата обращения: 10.09.2025).

14. Lee, M. Wearable Wireless Biosensor Technology for Monitoring Cattle: A Review. Animals. 2021; 11(10):2779. DOI: 10.3390/ani11102779.

15. Сравнительный анализ и подбор систем мониторинга здоровья КРС / В. В. Кирсанов, Ф. Е. Владимиров, Д. Ю. Павкин [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. — 2019. — № 1(33). — С. 27—31.

16. Evaluation of an ear-attached accelerometer for detecting estrus events in indoor housed dairy cows / V. Schweinzer, E. Gusterer, P .Kanz [et al.] // Theriogenology. 2019;130:19—25.

17. Technical note: Evaluation of a system for monitoring

and Future Innovations in Precision Livestock Farming. Animals. 15., 2025, 458. DOI: 10.3390/ani15030458.

3. Using a commercial precision livestock farming activity collar to automatically record and classify dairy cow activity at pasture. / M. Bouchon, H. Chanel, L. Rouchez, [et al.].// Animal — Open Space. 2025;4:100099. DOI: 10.1016/j.anopes.2025.100099.

4. Džermeikaitė K. Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases. / K. Džermeikaitė, D. Bačėninaitė, R. Antanaitis // Animals. 2023; 13(5):780. DOI: 10.3390/ani13050780.

5. Invited review: integration of technologies and systems for precision animal agriculture—a case study on precision dairy farming. / U. Kaur, V. Malacco, H. Bai [et al.] // J Anim Sci. 2023;101:skad, 206. DOI: 10.1093/jas/skad206.

6. Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. / D.W. Bailey, M.G. Trotter, C.W. Knight [et al.] // Transl Anim Sci. 2018;2(1):81—88. Published 2018 Jan 25.

7. Livestock feeding behaviour: a review on automated systems for ruminant monitoring. / J.O. Chelotti, L.S. Martinez—Rau, M. Ferrero [et al.] // Biosyst Eng. 2024;238:150—177.

8. Cattle behavior recognition from accelerometer data: leveraging in—situ cross—device model learning. / R. Arablouei, G.J. Bishop—Hurley, N Bagnall [et al.] // Comput Electron Agric. 2024;227(Pt 1):109546. DOI: 10.1016/j.compag.2024.109546.

9. Improved cattle behaviour monitoring by combining ultra-wideband location and accelerometer data. / S. Benaissa, F. Tuyttens, D. Plets [et al.] // Animal. 2023;17(4):100730. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100730.

10. Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs / J. M. Chapa, K. Maschat, M. Iwersen. [et al.] // A review. Behav Processes. 2020;181:104262. DOI: 10.1016/j.beproc.2020.104262.

11. Effects of sensor ear tags with twin pin fixing system on health and well-being of cattle / N. Gobbo Oliveira Erünlü, S. Rieder, T. Kuntzer [et al.] // Schweiz Arch Tierheilkd. 2023;165(7):512—523. DOI: 10.17236/sat00399.

12. Zhilich, E. L. Application of systems for identification and monitoring of the physiological state of animals / E. L. Zhilich, A. A. Kuvshinov, Yu. N. Rogalskaya // Equipment and technologies in animal husbandry. — 2021. — No. 4 (44). — P. 33—36.

13. On Amendments to the Law of the Russian Federation "On Veterinary Medicine" [Electronic resource]: Decree of the President of the Russian Federation of June 28, 2022 No. 382 // Official Internet Portal of Legal Information. – URL: http://actual.pravo.gov.ru/content/content.html#pnum=0001202206280083 (accessed: 10.09.2025).

14. Lee, M. Wearable Wireless Biosensor Technology for Monitoring Cattle: A Review. Animals. 2021; 11(10):2779. DOI: 10.3390/ani11102779.

15. Comparative analysis and selection of cattle health monitoring systems / V. V. Kirsanov, F. E. Vladimirov, D. Yu. Pavkin [et al.] // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. — 2019. — No. 1 (33). — P. 27—31.

16. Evaluation of an ear-attached accelerometer for detecting estrus events in indoor housed dairy cows / V. Schweinzer, E. Gusterer, P .Kanz [et al.] // Theriogenology. 2019;130:19—25.

17. Technical note: Evaluation of a system for monitoring

rumination in heifers and calves / Burfeind, Onno & Schirmann, K & Keyserlingk, Marina & Veira [et al.] // (2011). Journal of dairy science., 2011, 94. 426—30. DOI: 10.3168/jds.2010-3438.

18. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors / M.R. Borchers, Y.M. Chang, I.C. Tsai [et al.] // J Dairy Sci. 2016;99(9):7458—7466.

19. Beauchemin, K.A. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. J Dairy Sci. 2018;101(6):4762—4784.

20. Analysis of Accelerometer and GPS Data for Cattle Behaviour Identification and Anomalous Events Detection / J. Cabezas, R. Yubero, B. Visitación [et al.] // Entropy (Basel). 2022;24 (3):336. Published 2022 Feb 26.

21. Heins, B.J. Precision technologies to improve dairy grazing systems / B.J. Heins, G.M. Pereira, K.T. Sharpe. // JDS Commun. 2023;4(4):318—323. Published 2023 Apr 20. DOI: 10.3168/jdsc.2022-0308.

22. Technical note: validation of a system for monitoring individual behavior in beef heifers / V.R. Merenda, O. Marques, E.K. Miller—Cushon [et al.] // J Anim Sci. 2019; 97(12):4732—4736.

23. Mazon, G PSXV—21 Measuring reticulorumen pH and temperature in dairy cattle: How often is enough? Evaluation of different recording intervals from an automated reticulorumen bolus. J Anim Sci. 2018;96(Suppl 3):240.

24. SmaXtec system in detail [Электронный ресурс]: https://smaxtec.com/us/how—it—works/ bolus-технология для измерения pH, температуры, поведения животных и др. (сайт компании smaXtec) / smaXtec animal care GmbH. — Режим доступа: (дата обращения: 02.09.2025).

25. Li, Z. Validation and Use of the RumiWatch Noseband Sensor for Monitoring Grazing Behaviours of Lactating Dairy Cows / Z. Li, L. Cheng, B. Cullen // Dairy. 2021; 2(1):104—111. DOI: 10.3390/dairy2010010.

26. Модуль базовой станции приема—передачи данных физиологического состояния КРС / В.В. Кирсанов, Д.Ю. Павкин, И.М. Довлатов [и др.] // Агроинженерия. — 2022. — Т. 24, № 1. — С. 28—34. — DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-28-34. — EDN INCSZA.

27. Behavioral patterns as indicators of resilience after parturition in dairy cows / I.D.E. Van Dixhoorn, R.M.De Mol, S.K. Schnabel [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2023. — Vol. 106, No. 9. — P. 6444—6464.

rumination in heifers and calves / Burfeind, Onno & Schirmann, K & Keyserlingk, Marina & Veira [et al.] // (2011). Journal of dairy science., 2011, 94. 426—30. DOI: 10.3168/jds.2010-3438.

18. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors / M.R. Borchers, Y.M. Chang, I.C. Tsai [et al.] // J Dairy Sci. 2016;99(9):7458—7466.

19. Beauchemin, K.A. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. J Dairy Sci. 2018;101(6):4762—4784.

20. Analysis of Accelerometer and GPS Data for Cattle Behaviour Identification and Anomalous Events Detection / J. Cabezas, R. Yubero, B. Visitación [et al.] // Entropy (Basel). 2022;24 (3):336. Published 2022 Feb 26.

21. Heins, B.J. Precision technologies to improve dairy grazing systems / B.J. Heins, G.M. Pereira, K.T. Sharpe. // JDS Commun. 2023;4(4):318—323. Published 2023 Apr 20. DOI: 10.3168/jdsc.2022-0308.

22. Technical note: validation of a system for monitoring individual behavior in beef heifers / V.R. Merenda, O. Marques, E.K. Miller—Cushon [et al.] // J Anim Sci. 2019; 97(12):4732—4736.

23. Mazon, G PSXV—21 Measuring reticulorumen pH and temperature in dairy cattle: How often is enough? Evaluation of different recording intervals from an automated reticulorumen bolus. J Anim Sci. 2018;96(Suppl 3):240.

24. SmaXtec system in detail [Электронный ресурс]: https://smaxtec.com/us/how—it—works/ bolus-технология для измерения pH, температуры, поведения животных и др. (сайт компании smaXtec) / smaXtec animal care GmbH. — Режим доступа: (дата обращения: 02.09.2025).

25. Li, Z. Validation and Use of the RumiWatch Noseband Sensor for Monitoring Grazing Behaviours of Lactating Dairy Cows / Z. Li, L. Cheng, B. Cullen // Dairy. 2021; 2(1):104—111. DOI: 10.3390/dairy2010010.

26. Base station module for receiving and transmitting data on the physiological state of cattle / V. V. Kirsanov, D. Yu. Pavkin, I. M. Dovlatov [et al.] // Agroengineering. — 2022. — Vol. 24, No. 1. — Pp. 28—34. — DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-28-34. — EDN INCSZA.

27. Behavioral patterns as indicators of resilience after parturition in dairy cows / I.D.E. Van Dixhoorn, R.M.De Mol, S.K. Schnabel [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2023. — Vol. 106, No. 9. — P. 6444—6464.

УДК: 577.29:636.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.173

СВЯЗЬ ТАКСОНОВ МИКРОБИОТЫ СЛЕПЫХ ОТРОСТКОВ КУР-НЕСУШЕК С ЭКСПРЕССИЕЙ ГЕНОВ ИММУННОГО ОТВЕТА

Кочиш И. И. — академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой (ORCID ID 0000-0002-8502-6052), **Капитонова Е. А.*** — д-р биол. наук, профессор кафедры (ORCID ID 0000-0002-3549-5969), **Мясникова О. В.** — канд. с.-х. наук, доцент (ORCID ID 0000-0002-9869-0876), **Мотин М. С.** — аспирант (ORCID ID 0009-0000-1767-2485).

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И. Скрябина».

*kapitonovalena1110@mail.ru.

Ключевые слова: *куры-несушки, микробиом, секвенирование, экспрессия генов, ПЦР, корреляционный анализ.*

Key words: *laying hens, microbiome, sequencing, gene expression, PCR, correlation analysis.*

Финансирование: *работа выполнена в рамках гранта РНФ «Здоровье и продуктивное долголетие кур-несушек промышленных кроссов: молекулярно-генетические и иммунологические аспекты» №22-16-00009-П.*

Поступила в редакцию / Received: 13.04.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Состояние здоровья и уровень продуктивности сельскохозяйственной птицы во многом определяются микробиотой кишечника. Слепые отростки представляют собой важный отдел кишечного тракта птиц и характеризуются уникальным микробиомом, способным оказывать влияние на основные физиолого-биохимические процессы. В данной статье рассматривается таксономическое разнообразие микроорганизмов в содержимом слепых отростков кур-несушек и их связь с экспрессией генов в органах птицы. Изучение состава микробиоты и его взаимосвязи с экспрессией генов в тканях кур-несушек дает ценную информацию для понимания механизмов, посредством которых микробиом может регулировать биологические функции и адаптационные реакции организма. Целью данного исследования являлось изучение корреляционных связей между таксономическим разнообразием микробиоты слепых отростков и экспрессией ключевых генов иммунного ответа (AvBD9, AvBD10, IL-8) у кур-несушек. Для анализа использовались методы секвенирования и ПЦР, что позволило выявить корреляции между определёнными таксонами микробиоты и экспрессией генов, связанными с физиологическими и иммунными процессами. Установлено, что микробиота слепых отростков кур-несушек характеризуется выраженной дифференциацией по характеру взаимосвязей с генами врождённого иммунитета: группа таксонов, доминирующих в норме (Actinobacteriota, Bifidobacteriaceae, основные представители Firmicutes), отрицательно коррелирует с экспрессией AvBD9, AvBD10 и IL8, что согласуется с их противовоспалительной и иммунорегуляторной функцией. Напротив, положительные корреляции, выявленные для родов Anaerostipes, Romboutsia и Fournierella, указывают на их потенциальную способность стимулировать мукозальный иммунитет, что может иметь значение как для поддержания колонизационной резистентности, так и при развитии воспалительных реакций. Полученные данные имеют потенциал для применения в оптимизации здоровья и продуктивности сельскохозяйственной птицы.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Состояние здоровья и уровень продуктивности сельскохозяйственной птицы во многом определяются микробиотой кишечника, которая играет ключевую роль в процессах пищеварения, иммунной защите и метаболизме [4]. Слепые отростки представляют собой важный отдел кишечного тракта птиц и характеризуются уникальным микробиомом, способным оказывать влияние на основные физиолого-биохимические процессы. Изучение состава микробиоты и его взаимосвязи с экспрессией генов в тканях кур-несушек дает ценную информацию для понимания механизмов, посредством которых микробиом может регулировать биологические функции и адаптационные реакции организма [2].

В последние годы методы секвенирования и полимеразной цепной реакции (ПЦР) значительно расширили возможности анализа микробных сообществ и экспрессии генов. В сочетании с корреляционным анализом эти подходы позволяют не только выявлять присутствие и разнообразие микроорганизмов, но и понимать их потенциальное влияние на молекулярные процессы [3]. Настоящее исследование направлено на изучение связи между таксонами микробиоты слепых отростков и экспрессией генов у кур-несушек, что может способствовать развитию стратегий улучшения здоровья и производительности сельскохозяйственной птицы.

Для исследования микробиоты слепых отростков и её влияния на организм были выбраны гены

AvBD9, AvBD10, IL-8, ассоциированные с иммунитетом кур-несушек, что позволило оценить воздействие изучаемого фактора на резистентность птицы. В обзорной работе Барковой О. Ю. приведён анализ и отбор генов-кандидатов для оценки экспрессии генов резистентности у кур; отобранные гены относятся к группам противовоспалительных интерлейкинов и бета-дефензинов, характерных для птиц. Многочисленные литературные данные указывают на то, что эти группы функционируют в организме птицы во взаимосвязи [1].

Нутрегеномное влияние на иммунитет птицы показано в работе Jia-Cai Zhang (2020), введение в комбикорм дрожжевых культур улучшает продуктивность взрослых кур-несушек, за счет улучшения активности ферментов. Кроме того, по данным транскриптомного анализа селезенки показано, что эти группы увеличивают свою экспрессию при введении дексаметазона, повышая резистентность птицы [6].

Наряду с этим показано влияние антибиотика на экспрессию генов резистентности в слепой кишке цыплят, уровни экспрессии IL-8 были выше в слепой кишке группы, получавшей антибиотики, чем в контрольной группе [3]. В качестве гена референса был выбран ген GAPDH, который часто используется в подобных статьях в качестве контроля.

Целью данного исследования явилось изучение корреляционных связей между таксономическим разнообразием микробиоты слепых отростков и экспрессией ключевых генов иммунного ответа (AvBD9, AvBD10, IL-8) у кур-несушек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. На большом поголовье кур-несушек кросса «Коралл» (n=53000), выращиваемых в условиях АО «Лысогорская птицефабрика» (Саратовская обл.), к концу продуктивного периода (43 недели) проводилось введение в рацион кормовой добавки «Провитол». После 4-х недельного скармливания, методом случайной выборки, были взяты образцы слепых отростков кишечника для проведения молекулярно-генетических исследований и изучения корреляционной связи между таксонами микробиоты и генов отвечающих за иммунитет, от 10 голов кур-несушек.

Образцы ткани размером, не превышающим 10—15 мм, были помещены в пробирки эппендорф объемом 1,5 мл с реагентом для стабилизации РНК и консервации пробы для транспортировки. Исследования проводили в международной лаборатории молекулярной генетики и геномики птицы кафедры зоогигиены и птицеводства имени А. К. Даниловой ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА имени К. И. Скрябина. Выделение РНК из тканей проводили на спин-колонках при помощи набора PN-100 (Биолабмикс, Россия). Образование двойной цепи ДНК происходило одношагово вместе с реакцией ПЦР.

Для подбора праймеров использовались последовательности мРНК целевых генов, полученные из базы данных GenBank (ncbi.nlm.nih.gov/genbank/).

Для проведения ПЦР в реальном времени праймеры были разработаны с использованием программы SnapGene 5 в соответствии с общими рекомендациями. Специфичность праймеров проверялась с помощью инструмента NCBI Primer BLAST. Возможность образования шпилек в структуре праймеров, а также вероятность димеризации праймеров оценивались с помощью сервиса OligoAnalyzer 3.1 (EADT) (eu.idtdna.com/calc/analyzer).

Расчет экспрессии генов проводили по методу 2–ΔΔCt Шмитгена-Ливака [5]. Статистическая обработка проводилась в Microsoft Excel 2019.

Секвенирование микробиоты слепых отростков выполняли на платформе ION S5 Studio (Thermofisher, США) в соответствии с протоколом 16S метагеномик кит (Thermofisher, США). После подготовки библиотек и обработки данных секвенирования с помощью программного продукта ION Reporter (Thermofisher, США) были получены данные о таксономическом разнообразии микроорганизмов в кишечнике птицы. Проведён сопоставительный анализ этих данных с оценкой экспрессии генов с использованием методов корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В результате секвенирования фрагментов гена 16S рРНК в образцах содержимого слепых отростков кур-несушек установлен таксономический состав микробиоты. Методом количественной ПЦР в реальном времени определена относительная экспрессия генов AvBD9, AvBD10, IL-8. Для выявления взаимосвязи между микробным профилем и уровнем экспрессии проведён корреляционный анализ.

В ходе работы идентифицировано более 200 таксонов микроорганизмов, которые были систематизированы согласно таксономической иерархии. Наиболее значимые корреляционные связи между таксонами и уровнем экспрессии исследуемых генов представлены в таблице 1.

Проведённый корреляционный анализ выявил разнонаправленные связи между таксономическим составом микробиоты слепых отростков кур-несушек и экспрессией генов иммунитета AvBD9, AvBD10 и IL8. Достоверно высокие отрицательные корреляции (r от –0,89 до –0,50)

Ген	Прямой праймер	Обратный праймер
AvBD10	GCTCTTCGCTGTTCTCCTCT	CCCAGAGATGGTGAAGGTG
AvBD9	GGAAGAGAGGTGTGCTTGGA	TAACATGAGGCACCGATGTG
IL8	GGAAGAGAGGTGTGCTTGGA	TAACATGAGGCACCGATGTG
GAPDH	TCGATCTGAACTACATGGTTT	ACAAGTTTCCCGTTCTCA

Таблица 1— Коэффициенты корреляции (r) между таксономическим составом микробиоты слепых отростков и относительной экспрессией генов *AvBD9, AvBD10, IL8* у кур-несушек

Table 1 — Correlation coefficients (r) between the taxonomic composition of the microbiota of the cecum and the relative expression of the *AvBD9, AvBD10, IL8* genes in laying hens

Таксоны	Гены		
	AvBD10	AvBD9	IL8
фил. *Actinobacteriota*	-0,88**	-0,89**	-0,87*
сем. *Bifidobacteriaceae*	-0,81*	-0,78	-0,79
фил. *Bacteroidota*	0,58	0,54	0,57
фил. *Firmicutes*	-0,76	-0,71	-0,76
кл. *Clostridia*	-0,54	-0,50	-0,53
пор. *Lachnospirales*	-0,43	-0,44	-0,41
сем. *Ruminococcaceae*	-0,57	-0,50	-0,53
род. *Blautia*	-0,57	-0,64	-0,56
род. *Anaerostipes*	0,73	0,76	0,75
род. *Fournierella*	0,49	0,57	0,45
кл. *Clostridia*			
род. *Romboutsia*	0,37	0,44	0,45
кл. *Bacilli*			
сем. *Lactobacillaceae*	-0,08	-0,11	-0,18
фил. *Fusobacteriota*	0,30	0,30	0,23
фил. *Proteobacteria*	0,34	0,31	0,34
фил. *Spirochaetota*	0,12	0,14	0,15

***Примечание:** ** — p<0,05 * — p <0,1*

зафиксированы для филума *Actinobacteriota* и входящего в него семейства *Bifidobacteriaceae*, а также для представителей филума *Firmicutes* — класса *Clostridia*, порядка *Lachnospirales*, семейства *Ruminococcaceae* и рода *Blautia*. Эти таксоны входят в число доминирующих комменсалов кишечника птиц и млекопитающих, ассоциированных с поддержанием иммунологической толерантности. *Bifidobacteriaceae* и бутират-продуцирующие представители *Ruminococcaceae* и *Blautia* способствуют выработке короткоцепочечных жирных кислот, подавлению NF-сигналинга и дифференцировке регуляторных Т-клеток, что закономерно сопровождается снижением базальной экспрессии провоспалительных цитокинов и антимикробных пептидов. Таким образом, отрицательный характер корреляций этих таксонов с AvBD9, AvBD10 и IL8 отражает физиологическое состояние не активированного местного иммунитета, характерное для здоровой птицы.

Положительная корреляция с экспрессией генов иммунитета выявлена для филумов *Bacteroidota, Fusobacteriota, Proteobacteria* и *Spirochaetota*, однако выраженность этих связей была умеренной ($r \leq 0,58$) и уступала таковой для родов *Anaerostipes, Romboutsia* и *Fournierella*. При интерпретации всех положительных корреляций необходимо учитывать, что корреляционный анализ отражает двусторонние связи: повышение уровня экспрессии генов иммунитета (AvBD9, AvBD10, IL8) может создавать условия для колонизации определённых микроорганизмов, а не только быть следствием их присутствия. В этой связи таксоны, демонстрирующие положительную ассоциацию с AvBD9, AvBD10 и IL8, с высокой вероятностью представляют собой оппортунистические бактерии, которые занимают освободившиеся экологические ниши на фоне активации иммунного ответа, а не являются первичными индукторами воспаления.

ВЫВОДЫ/CONCLUSIONS. Таким образом, микробиота слепых отростков кур-несушек характеризуется выраженной дифференциацией по характеру взаимосвязей с генами врождённого иммунитета: группа таксонов, доминирующих в норме (*Actinobacteriota, Bifidobacteriaceae*, основные представители *Firmicutes*), отрицательно коррелирует с экспрессией AvBD9, AvBD10 и IL8, что согласуется с их противовоспалительной и иммунорегуляторной функцией. Напротив, положительные корреляции, выявленные для родов *Anaerostipes, Romboutsia* и *Fournierella*, указывают на их потенциальную способность стимулировать мукозальный иммунитет, что может иметь значение как для поддержания колонизационной резистентности, так и при развитии воспалительных реакций. Полученные данные имеют потенциал для применения в оптимизации здоровья и продуктивного долголетия сельскохозяйственной птицы.

RELATIONSHIP BETWEEN CECALE MICROBIOTA TAXA IN LAYING HENS WITH THE EXPRESSION OF IMMUNE RESPONSE GENES

Kochish I. I. — Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the A. K. Danilova Department of Animal Hygiene and Poultry Farming (ORCID ID 0000-0002-8502-6052), **Kapitonova E. A.*** — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department (ORCID ID 0000-0002-3549-5969), **Myasnikova O. V.** — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor (ORCID ID 0000-0002-9869-0876), **Motin M. S.** — postgraduate student (ORCID ID 0009-0000-1767-2485)

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MBA named after K. I. Skryabin.

*kapitonovalena1110@mail.ru.

ABSTRACT. *The health and productivity of poultry are largely determined by their gut microbiota. The ceca are an important part of the intestinal tract of birds and are characterized by a unique microbiome capable of influencing key physiological and biochemical processes. This article examines the taxonomic diversity of microorganisms in the ceca of laying hens and their relationship with gene expression in the bird's organs. Studying the composition of the microbiota and its relationship with gene expression in laying hens' tissues provides valuable insights into the mechanisms by which the microbiome regulates biological functions and adaptive responses. The aim of this study was to investigate the correlations between the taxonomic diversity of the ceca microbiota and the expression of key immune response genes (AvBD9, AvBD10, IL-8) in laying hens. Sequencing and PCR methods were used for the analysis, which allowed us to identify correlations between specific microbiota taxa and the expression of genes associated with physiological and immune processes. It was found that the microbiota of the ceca of laying hens is characterized by pronounced differentiation in the nature of its relationships with innate immunity genes: a group of taxa that are dominant in the normal state (Actinobacteriota, Bifidobacteriaceae, and the main representatives of Firmicutes) negatively correlates with the expression of AvBD9, AvBD10, and IL8, consistent with their anti-inflammatory and immunoregulatory functions. Conversely, the positive correlations found for the genera Anaerostipes, Romboutsia, and Fournierella indicate their potential to stimulate mucosal immunity, which may be important both for maintaining colonization resistance and for the development of inflammatory responses. These findings have potential applications in optimizing the health and productivity of poultry.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баркова О. Ю. Обзор генов ассоциированных с резистентностью домашней курицы / О. Ю. Баркова // Международный научно—исследовательский журнал. — 2018. — № 7 (73). DOI: 10.23670/IRJ.2018.73.7.020.

2. Кочиш И. И., О. В. Мясникова, В. В. Мартынов, В. И. Смоленский. Микрофлора кишечника кур и экспрессия связанных с иммунитетом генов под влиянием пробиотической и пребиотической кормовых добавок // Журнал: сельскохозяйственная биология, 2020. том 55, №2, С. 315—327.

3. Кочиш И. И. Изучение уровня экспрессии генов продуктивности и иммунитета у кур—несушек при скармливании кормовой добавки «Провитол» / И. И. Кочиш, О. В. Мясникова, М. С. Мотин // Птицеводство. — 2024. — № 12. — С. 71—77. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-71-77.

4. Производственные риски в промышленном птицеводстве и минимизация потерь : монография / Т.М. Околелова. — Минск : ИВЦ Минфина, 2024. 104 с.: ил.

5. Guo, Y., Su, A., Tian, H. et al. Transcriptomic Analysis of Spleen Revealed Mechanism of Dexamethasone-Induced Immune Suppression in Chicks. Genes, 2020. 11(5), 513.

6. Zhang, J. C., Chen, P., Zhang, C., Khalil, M. M., Zhang, N. Y., Qi, D. S., Wang, Y. W., & Sun, L. H. (2020). Yeast culture promotes the production of aged laying hens by improving intestinal digestive enzyme activities and the intestinal health status. Poultry science, 99(4), 2026—2032.

REFERENCES

1. Barkova O. Yu. Review of genes associated with resistance in domestic chicken / O. Yu. Barkova // International Research Journal. — 2018. — No. 7 (73). DOI: 10.23670/IRJ.2018.73.7.020 (In Russ.).

2. Kochish I. I., O. V. Myasnikova, V. V. Martynov, V. I. Smolensky. Intestinal microflora of chickens and expression of immunity—related genes under the influence of probiotic and prebiotic feed additives // Journal: Agricultural Biology, 2020. Vol. 55, No. 2, pp. 315—327. (In Russ.).

3. Kochish I.I. Study of the expression level of productivity and immunity genes in laying hens when fed the feed additive «Provitol» / I.I. Kochish, O.V. Myasnikova, M.S. Motin // Poultry farming. — 2024. — № 12. — P. 71—77. DOI: 10.33845/0033-3239-2024-73-12-71-77 (In Russ.).

4. Production risks in industrial poultry farming and loss minimization: monograph / T.M. Okolelova. — Minsk: IVC Ministry of Finance, 2024. 104 p.: ill. (In Russ.)

5. Guo, Y., Su, A. et al. Transcriptomic Analysis of Spleen Revealed Mechanism of Dexamethasone-Induced Immune Suppression in Chicks. Genes, 2020. 11(5), 513.

6. Zhang, J. C., Chen, P., Zhang, C., Khalil, M. M., Zhang, N. Y., Qi, D. S. et al. (2020). Yeast culture promotes the production of aged laying hens by improving intestinal digestive enzyme activities and the intestinal health status. Poultry science, 99(4), 2026–2032.

УДК: 619:615.9: 636.087.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.177

ИЗУЧЕНИЕ ЭМБРИОТОКСИЧЕСКОГО И ТЕРАТОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КОМПЛИСОРБИН»

Мишина Н. Н. * — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-9312-0970); **Алеев Д. В.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5933-4107); **Вафин Ф. Р.** — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2274-8074); **Семёнов Э. И.** — д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3029-7170).

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности.

* mishinanailyan@yandex.ru.

Ключевые слова: к*ормовая добавка, эмбритоксичность, тератогенность, токсичность, белые крысы, адсорбция.*

Key words: *feed additive, embryotoxicity, teratogenicity, toxicity, white rats, adsorption.*

Финансирование: *работа выполнена за счет гранта, предоставленного 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 22.12.2025 № 4/2025-ПД-ВНИВИ.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Кормовая добавка «Комплисорбин» на основе шунгита, цеолита, лигнина и глюкана предназначена для использования в кормах животных. Известно, что подобные сорбенты применяются для детоксикации микотоксинов и улучшения репродуктивного здоровья, поэтому изучение их эмбриотоксического и тератогенного действия является важным этапом доклинической оценки. С этой целью было сформировано три группы нелинейных белых крыс, по 20 животных в каждой. Животным первой и второй группы ежедневно с 1 по 19 сутки беременности, внутрижелудочно вводили суспензию кормовой добавки «Комплисорбин» на дистиллированной воде, из расчета 250 и 500 мг/кг массы тела. При этом дозировку кормовой добавки рассчитывали индивидуально для каждого животного. Третья группа служила биологическим контролем, и получала дистиллированную воду. Согласно полученным результатам, эмбриональная смертность была снижена до 3,91±0,24 % (500 мг/кг) против 6,98±0,34 % в контроле. Кроме того, темпы прироста массы самок (103,5—105,4 г), масса крысят (62,75—69,56 г к 28 сут) и сроки рефлексов (отлипание ушей 3,75—3,88 сут) не отличались от нормы. Таким образом, результаты исследования указывают на отсутствие эмбриотоксического и тератогенного действия кормовой добавки «Комплисорбин» в указанных дозах как в антенатальном, так и в постнатальном периодах развития крысят.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Микотоксины — это вторичные метаболиты, вырабатываемые плесневыми грибами, которые могут содержатся в сельскохозяйственной продукции по всему миру. При попадании в живой организм, они провоцируют токсическую реакцию (микотоксикоз) [1, 2]. Профилактика микотоксикоза включает в себя ряд мероприятий, осуществляемых до и после сбора урожая. Самый эффективный способ, с помощью которого можно снизить содержание микотоксинов в продуктах питания и кормах — это избежание их образования в полевых условиях [3], однако, этого недостаточно для удовлетворительного результата, поэтому требуются другие способы воздействия. Для обеззараживания и детоксикации кормов, загрязненных микотоксинами, в кормовой промышленности чаще всего используют сорбенты, которые обеспечивают более или менее избирательное удаление токсинов, путем адсорбции при прохождении через желудочно-кишечный тракт [4]. В зависимости от механизма действия эти кормовые добавки могут снижать биодоступность микотоксинов, разлагать их или превращать в менее токсичные метаболиты.

Расширение ассортимента лекарственных препаратов, биодобавок, медикаментов и иных химических веществ против различных микотоксикозов порождает задачу оценки их безопасного использования в реальных условиях [4]. Решается эта задача путем проведения токсикологических испытаний, которые обеспечивают оперативный и точный прогноз токсичности и рисков новых химических веществ. Акцент следует делать на токсикологической оценке с учетом эмбриотоксического, мутагенного, канцерогенного и тератогенного эффектов инновационных препаратов, в особенности, предназначенных для длительного применения (кормовых добавок, стимуляторов продуктивности и др.) [5, 6].

Целью наших исследований было изучение эмбриотоксического и тератогенного действия кормовой добавки «Комплисорбин».

Таблица 1 — Динамика живой массы белых крыс в ходе эксперимента

Table 1 — Dynamics of live weight of white rats during the experiment

Срок исследования	Группа / масса тела, г		
	1	2	3 (Контроль)
1-е сут беременности	218,10±1,92	220,20±2,38	220,7±2,73
7-е сут беременности	247,30±1,97	246,80±2,11	243,4±2,86
14-е сут беременности	272,10±1,94	271,10±2,28	267,5±2,95
19-е сут беременности	322,70±1,89	325,60±1,46	324,2±2,27
Прирост массы	104,6±2,18	105,4±1,86	103,5±1,23

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В исследовании потенциального эмбриотоксического эффекта были задействованы половозрелые виргинные самки нелинейных белых крыс (из питомника ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»), масса тела которых, на момент начала исследования составляла 200—240 г. Возраст животных — не менее 8 недель. Объект исследования — кормовая добавка «Комплисорбин» на основе шунгита, цеолита, лигнина и глюкана, представляет собой порошок темно-серого цвета.

Исследования проводили в соответствии с Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств (под ред. Миронова А. Н., 2012) [7].

Было сформировано три группы нелинейных белых крыс, по 20 животных в каждой. Животным первой и второй групп с 1 по 19 сутки беременности, каждый день, вводили внутрижелудочно суспензию кормовой добавки «Комплисорбин», из расчета 250 и 500 мг/кг массы тела соответственно. Дозировку кормовой добавки рассчитывали индивидуально для каждого животного, основываясь на массе тела и доводили объем введения до 5 мл, дистиллированной водой. Полученную суспензию вводили внутрижелудочно один раз в сутки в утреннее время с помощью внутрижелудочного зонда. Третья группа крыс служила биологическим контролем, и получала дистиллированную воду в те же сроки в эквивалентном объеме.

Половину крыс из каждой группы вскрывали на 20-й день беременности. Самок второй подгруппы оставляли до родов. За единицу статистического анализа брали помет животных. Критериями оценки эмбриотоксического действия токсикантов служили показатели предимплантационной и постимплантационной гибели эмбрионов, общей эмбриональной смертности. Предимплантационную смертность определяли как разницу между числом желтых тел и количеством имплантационных мест, выраженную в процентах от общего числа желтых тел. Постимплантационную смертность рассчитывали по разности между числом имплантационных мест и количеством жизнеспособных плодов, приведенной к проценту от имплантаций. Общую эмбриональную смертность вычисляли как разницу между числом желтых тел и живыми плодами, представленную в процентах от желтых тел.

Анализ состояния внутренних органов и скелета эмбрионов проводили по методам Вильсона [8] и Доусона [9].

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 / RESULTS. Результаты исследований, динамики живой массы белых крыс в ходе эксперимента, представлены в таблице 1.

Результаты исследования показывают отсутствие гибели или иных проявлений токсикоза у самок крыс как в опытных группах, так и в контрольной. Достоверных различий в динамике прироста массы тела беременных самок опытных групп и контрольной не выявлено.

Клиническое состояние животных из опытных групп не отличалось от такового в контрольной группе. У всех участвовавших в исследовании животных на 20-й день беременности не было выявлено патологий внутриутробного развития плодов или изменений матки: плодные оболочки сформированы правильно, амниотическая жидкость прозрачная, плацента без признаков склероза, кожные покровы плодов розоватого цвета.

Результаты изучения эмбриотоксичности кормовой добавки «Комплисорбин» на белых нелинейных крысах представлены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы 2, воздействие кормовой добавки (250 и 500 мг/кг) с 1-го по 19-й дни беременности не приводило к увеличению предимплантационной и постимплантационной летальности, отставанию в развитии плодов. Органные дефекты эмбрионов отсутствовали. Было выявлено снижение эмбриональной смертности при введении крысам кормовой добавки, которая у крыс при введении 500 мг/кг составила 3,91±0,24 %, против 6,98±0,34 % в контрольной группе, постимплантационная гибель в данных группах составила 1,60±0,04 % и 1,64±0,03 %, соответственно.

Результаты исследования плодов по методу Доусона в ходе эксперимента представлены в таблице 3.

Увеличение встречаемости наружных дефектов или скелетных нарушений не установлено. Результаты свидетельствуют о том, что кормовая

Таблица 2 — Показатели эмбриотоксичности кормовой добавки «Комплисорбин» на белых нелинейных крысах

Table 2 — Indicators of embryotoxicity of the feed additive “Complisorbin” in white non-linear rats

Показатель	Группа		
	1	2	3 (контроль)
Количество беременных самок	10	10	10
Количество живых плодов, всего/среднее	118/11,80±0,58	123/12,30±0,53	120,0/12,00±0,69
Средний вес эмбрионов, г	2,51±0,11	2,48±0,18	2,51±0,14
Краниокаудальный размер плодов, мм	28,50±0,09	28,70±0,08	28,20±0,09
Количество желтых тел, всего/среднее	124/12,40±0,54	128/12,80±0,57	129/12,90±0,60
Количество мест имплантации, всего/среднее	119/11,90±0,53	125/12,50±0,65	122/12,20±0,56
Количество мест резорбции, всего/среднее	1/0,10±0,01	2/0,20±0,03	2/0,20±0,03
Предимплантационная смертность, %	4,03±0,18	2,34±0,11	5,43±0,45
Постимплантационная смертность, %	0,84±0,04	1,60±0,04	1,64±0,03
Общая эмбриональная смертность, %	4,84±0,36	3,91±0,24	6,98±0,34
Внешний осмотр плодов			
Кол-во обследованных плодов	118	123	120
Из них с аномалиями, всего, %	0/0	0/0	0/0
Количество обследованных плодов			
Состояние внутренних органов	59	61	60
Из них с аномалиями развития	0/0	0/0	0/0
Состояние костного скелета			
Кол-во обследованных плодов	59	61	60
Из них с аномалиями развития	0/0	0/0	0/0

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

добавка «Комплисорбин» при внутрижелудочном применении 250—500 мг/кг массы тела в период с 1 по 19 суток беременности не проявляет эмбриотоксического или тератогенного действия в антенатальной фазе онтогенеза.

Динамика массы тела беременных самок в изучаемых группах достоверно идентична (табл. 4). Отклонений хода беременности, родов и лактации в опытных группах не выявлено. Нарушений в течении беременности, родов и ухода за потомством также не выявлено. Среднее число эмбрионов на одну самку, а также половое соотношение крысят

Таблица 3 — Результаты исследования плодов по методу Доусона в ходе эксперимента

Table 3 — Results of fruit examination using the Dawson method during the experiment

Показатель		Группа		
		2	2	3 (контроль)
Общее количество позвонков		32,35±0,06	32,29±0,05	32,51±0,06
Шейные		7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00
Грудные		13,00±0,00	13,00±0,00	13,00±0,00
Поясничные		6,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00
Крестцовые		3,64±0,05	3,76±0,04	3,82±0,06
Хвостовые		2,56±0,06	2,64±0,05	2,62±0,04
Кости грудины		6,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00
Ребра	слева	13,00±0,00	13,00±0,00	13,00±0,00
	справа	13,00±0,00	13,00±0,00	13,00±0,00
Пястные кости	слева	4,00±0,00	4,00±0,00	4,00±0,00
	справа	4,00±0,00	4,00±0,00	4,00±0,00
Плюсневые кости	слева	4,00±0,00	4,00±0,00	4,00±0,00
	справа	4,00±0,00	4,00±0,00	4,00±0,00

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

Таблица 4 — Динамика массы тела беременных самок

Table 4 — Body weight dynamics of pregnant females

Срок исследования	Группа / масса тела, г		
	1	2	3 (контроль)
1-е сут беременности	206,40±3,27	212,70±3,56	214,80±1,72
7-е сут беременности	232,50±3,12	241,10±2,47	255,70±2,58
14-е сут беременности	273,60±4,45	275,90±4,59	277,30±3,47
19-е сут беременности	315,30±4,62	319,40±5,38	322,40±4,15
Прирост массы	108,90±3,11	106,70±4,21	107,60±2,34

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

достоверно не отличалось от контрольного.

Результаты изучения динамики массы тела и физическое развитие потомства представлены в таблице 5.

Применение добавки не затрагивало физическое развитие потомства. Мертворождаемость, сроки постнатального морфогенеза (отлипание ушной раковины, рост шерсти, эрупция резцов, открытие глазных щелей, опускание семенников, открытие влагалища) в дозах 250 и 500 мг/кг соответствовали контрольным. Отставания массы тела крысят на 3, 5, 13, 21 и 28 сутки лактации в опытных группах не выявлено.

Результаты изучения скорости созревания сенсорно-двигательных рефлексов потомства крыс представлены в таблице 6.

Изучение динамики сенсомоторного развития в период лактации не выявило отклонений: рефлекс переворачивания на плоскости формировался на 5-е сутки, отрицательный геотаксис на 6-е, реакция на обрыв — на 7-е сутки, мышечная сила на 16-е сутки жизни.

Результаты свидетельствуют об отсутствии постнатально-регистрируемого эмбриотоксического и тератогенного действия добавки «Комплисорбин» при его внутрижелудочном введении с 1 по 19 сутки беременности в дозах 250 мг/кг и 500 мг/кг массы тела.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. При внутрижелудочном введении кормовой добавки «Комплисорбин» белым крысам в дозе 250 и 500 мг/кг массы тела в период с 1 по 19 сутки беременности, показатели количества живых плодов, мест имплантаций, резорбции и эмбриональная гибель до и после имплантации не отличались от данных контрольной группы. Не выявлено нарушений топографии костно-хрящевых структур скелета, окостенения осевого скелета и морфогенеза внутренних органов, а также физиологии потомства в постнатальном периоде.

Таким образом, результаты исследования указывают на отсутствие эмбриотоксического и тератогенного действия кормовой добавки «Комплисорбин» в указанных дозах как в антенатальном, так и в постнатальном периодах развития.

Таблица 5 – Динамика массы тела и физическое развитие потомства

Table 5 – Dynamics of body weight and physical development of offspring

Показатель	Группа		
	1	2	3 (контроль)
Кол-во пометов	10	10	10
Кол-во крысят, всего / ср. в помете	115/11,50±0,47	117/11,70±0,51	119/11,90±0,53
Масса тела на 3 сут, г	8,23±0,17	7,99±0,19	8,38±0,21
Масса тела на 5 сут, г	10,48±0,13	11,32±0,21	12,14±0,24
Масса тела на 13 сут, г	21,1±0,90	23,12±0,82	24,13±1,07
Масса тела на 21 сут, г	34,27±1,70	36,28±2,20	39,45±2,23
Масса тела на 28 сут, г	62,75±2,4	65,67±1,9	69,56±2,30
Отлипание ушной раковины, сут	3,88±0,14	3,75±0,14	3,83±0,18
Появление первичного волосяного покрова, сут	4,40±0,06	4,30±0,07	4,38±0,08
Открытие глаз, дни	12,90±0,15	12,70±0,12	12,80±0,17
Прорезывание резцов, дни	8,40±0,09	8,55±0,05	8,51±0,07
Опускание семенников, сут	26,64±0,28	26,43±0,31	26,83±0,30
Открытие влагалища, сут	32,90±0,52	33,11±0,22	33,76±0,34
Гибель самок в период вскармливания	0,0	0,0	0,0

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

Таблица 6 — Скорость созревание сенсорно-двигательных рефлексов потомства крыс
Table 6 — Maturation rate of sensory-motor reflexes of rat offspring

Показатель	Группа		
	1	2	3 (контроль)
Количество крысят в группе	6	6	6
«Переворачивание на плоскости»			
День формирования, сут	4,48±0,08	4,45±0,09	4,52±0,06
«Отрицательный геотаксис»			
День формирования, сут	5,93±0,07	5,95±0,04	5,97±0,08
«Избегание обрыва»			
День формирования, сут	6,48±0,06	6,52±0,08	6,50±0,09
«Мышечная сила»			
День формирования, сут	15,27±0,07	15,24±0,09	15,33±0,06

Примечание: *достоверных отличий между опытом и контролем нет при 95 % уровне вероятности*

STUDY OF THE EMBRYOTOXIC AND TERATOGENIC EFFECTS OF THE FEED ADDITIVE «COMPLISORBIN»

Mishina N. N.* — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-9312-0970); **Aleyev D. V.** — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-5933-4107); **Vafin F. R.** — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-2274-8074); **Semenov E. I.** — Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-3029-7170).

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety.

* mishinanailyan@yandex.ru.

Financing: this work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, research institutions, and other organizations to support human resource development plans in terms of stimulating their research and teaching staff to defend doctoral dissertations and conduct research. (Agreement No. 4/2025-PD-VNIVI, dated December 22, 2025.).

ABSTRACT. *The feed additive «Complisorbin» based on shungite, zeolite, lignin and glucan is intended for use in animal feed. It is known that such sorbents are used to detoxify mycotoxins and improve reproductive health, therefore, the study of their embryotoxic and teratogenic effects is an important step in preclinical evaluation. For this purpose, three groups of nonlinear white rats were formed, with 20 animals each. Animals of the first and second groups were given a suspension of the feed additive «Complisorbin» in distilled water daily from 1st to 19th day of pregnancy, at the rate of 250 and 500 mg/ kg body weight. The dosage of the feed additive was calculated individually for each animal. The third group served as biological control and received distilled water. According to the results, fetal mortality was reduced to 3,91±0,24 % (500 mg/kg) versus (6,98±0,34 %) in the control. In addition, the weight gain rates of females (103,5—105,4 g), the weight of baby rats (62,75—69,56 g by day 28) and the timing of reflexes (ear detachment 3,75—3,88 days) did not differ from the norm. Thus, the results of the study indicate the absence of embryotoxic and teratogenic effects of the feed additive «Complisorbin» in these doses in both the antenatal and postnatal periods of development of baby rats.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мишина, Н. Н. Современное состояние проблемы деконтаминации пищевых продуктов и сельскохозяйственной продукции от микотоксинов (обзор) / Н. Н. Мишина, Ф. Р. Вафин, А. Р. Нургалиева и др. // Ветеринарный врач. — 2025. — № 3. — С. 20—26. DOI 10.33632/1998-698X_2025_3_20.

2. Гагкаева, Т. Ю. Значительные изменения в классификации грибов рода Fusarium / Т. Ю. Гагкаева // Успехи медицинской микологии. — 2023. — Т. 25. — С. 54—59.

3. Кондакова, И. А. Теоретическое обоснование мероприятий по профилактике и борьбе с микотоксинами, возникающими в процессе жизнедеятельности микро-

REFERENCES

1. Mishina, N. N. The current state of the problem of decontamination of food and agricultural products from mycotoxins (review) / N. N. Mishina, F. R. Vafin, A. R. Nurgalieva et al. // The Veterinarian. — 2025. — № 3. — P. 20—26. DOI 10.33632/1998—698X_2025_3_20. (In Russ.).

2. Gagkaeva, T. Y. Significant changes in the classification of fungi of the genus Fusarium / T. Y. Gagkaeva // Successes of medical mycology. — 2023. — Vol. 25. — P. 54—59. (In Russ.).

3. Kondakova, I. A. Theoretical justification of measures for the prevention and control of mycotoxins that occur during the vital activity of the microflora of grain mass / I.

флоры зерновой массы / И. А. Кондакова, В. И. Левин, И. П. Льгова [и др.]. — Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. — 161 с. ISBN 978-5-98660-343-8.

4. Тарасова, Е. Ю. Эмбриотоксическое и тератогенное действие кормовой добавки Галлуасорб в постнатальный период онтогенеза / Е. Ю. Тарасова, А. В. Софронова, С. А. Танасева и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2025. — № 3(113). — С. 229—234. DOI 10.37670/2073-0853-2025-113-3-229-234.

5. Тарасова, Е. Ю. Оценка эмбрио- и тератогенного действия кормовой добавки «Галлуасорб», регистрируемого в антенатальный период / Е. Ю. Тарасова, А. В. Софронова, Л. Е. Матросова и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2024. — Т. 260, № 4. — С. 259—263. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_260_259.

6. Тарасова, Е. Ю. Оценка хронической токсичности кормовой добавки «Галлуасорб» / Е. Ю. Тарасова, А. В. Софронова, М. А. Ерохондина и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. — 2024. — Т. 257, № 1. — С. 239—243. — DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_239.

7. Миронов, А. Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. / А. Н. Миронов — М.: Гриф и К, 2012. — 944 с.

8. Wilson, J. Embriological consideration in teratology methods administering agents and detecting malformations in experimental animals // Technigues. Univ. Chicago Press, 1965. — P. 231.

9. Dawson, A.B. Note on the staining of the sceletion cleared specimens with alizarin reds // Stain Tecnol. — 1926. — Vol. 1. — P. 123.

A. Kondakova, V. I. Levin, I.P. Lgova [et al.]. — Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2019. — 161 p. ISBN 978-5-98660-343-8. (In Russ.).

4. Tarasova, E. Y. Embryotoxic and teratogenic effects of the feed additive Galluasorb in the postnatal period of ontogenesis / E. Y. Tarasova, A.V. Sofronova, S. A. Tanaseva et al. // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. — 2025. — № 3(113). — P. 229—234. DOI 10.37670/2073-0853-2025-113-3-229-234. (In Russ.).

5. Tarasova, E. Y. Assessment of the embryonic and teratogenic effects of the feed additive «Galluasorb», registered in the antenatal period / E. Y. Tarasova, A.V. Sofronova, L. E. Matrosova et al. // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. — 2024. — Vol. 260, No. 4. — P. 259—263. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_260_259. (In Russ.).

6. Tarasova, E. Y. Assessment of the chronic toxicity of the feed additive «Galluasorb» / E. Y. Tarasova, A.V. Sofronova et al. // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. — 2024. — Vol. 257, No. 1. — P. 239—243. DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_239. (In Russ.).

7. Mironov, A. N. Guidelines for conducting preclinical studies of medicines. Part one. / A. N. Mironov — M.: Grif and K, 2012. — 944 p. (In Russ.).

8. Wilson, J. Embriological consideration in teratology methods administering agents and detecting malformations in experimental animals // Technigues. Univ. Chicago Press, 1965. — P. 231.

9. Dawson, A.B. Note on the staining of the sceletion cleared specimens with alizarin reds // Stain Tecnol. — 1926. — Vol. 1. — P. 123.

УДК: 619:615.32:636.087.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.183

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ *MEDUSOMYCES GISEVII* НА ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

Бойко Т. В.* — д-р ветеринар. наук, доц., зав. каф. диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-0799-8921); **Камалтинова К. Н.** — асп., (ORCID 0009-0009-4544-6026); **Лукша Е. А.** — канд. фармацевт. наук, доц. (ORCID 0000-0003-4591-2508).

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина».

* tv.boyko@omgau.org.

Ключевые слова: *лактирующие коровы, функциональная кормовая добавка, Medusomyces gisevii, молочная продуктивность.*

Key words: *lactating cows, functional feed additive, Medusomyces gisevii, dairy productivity.*

Поступила в редакцию / Received: 05.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье представлены результаты научно-производственного опыта по изучению влияния биологически активной композиции микробного происхождения (БАКМП) Симбион-Д на молочную продуктивность и гематологический статус лактирующих коров. БАКМП Симбион-Д является многокомпонентной смесью биологически активных веществ (метаболитов), продуцируемых симбиотической культурой различных видов дрожжей и уксуснокислых бактерий консорциума Medusomyces gisevii, с пектином. Экспериментальные исследования проведены на базе сельскохозяйственного предприятия Омской области, занимающегося разведением и содержанием крупного рогатого скота красной степной породы. Объектом исследования служили новотельные коровы, разделённые на опытную (n=158) и контрольную (n=145) группы. Коровам опытной группы ежедневно в течение 70 дней в составе полнорационной кормосмеси в утреннее кормление дополнительно вводили БАКМП Симбион-Д из расчета 100 мл на голову. Коровы контрольной группы получали только основной рацион. Результаты: повышение среднесуточного удоя молока на 930 г. на голову, не влияя на содержание жира и белка в молоке; повышение количества эритроцитов на 10,6 % и концентрации гемоглобина на 9,5 %; повышение концентрации общего белка на 14,01 %, глобулиновой фракции на 11,24%, креатинина на 12,54 % и глюкозы на 7,67 %; повышение активности аланинаминотрансферазы на 15,83% на фоне снижения уровня общего билирубина на 19,95 % отражает адаптационные процессы в гепатоцитах, обусловленные улучшением желчеоттока. Микробиологическое исследование молока показало, что после 30-ти дневного применения БАКМП Симбион-Д коровам доля проб без роста патогенной и условно-патогенной микрофлоры увеличилась с 16,7 % до 33,3 %. Культуральная жидкость Medusomyces gisevii в сочетании с пектином способствует активизации белкового и энергетического обмена, улучшению функционального состояния печени и системы кроветворения, что в совокупности с ростом продуктивности позволяет рассматривать данную композицию как эффективный метаболический корректор для коров в период раздоя.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Успешная реализация генетического потенциала продуктивности молочного скота в решающей степени зависит от кормления, в частности от сбалансированности рационов по основным питательным веществам и нутриентам. В современной практике большинство животноводческих предприятий перешли на систему кормления, основанную на использовании полнорационных кормосмесей. Тем не менее анализ рационов показывает, что в составе кормосмесей зачастую наблюдается дефицит или дисбаланс не только ключевых питательных веществ – белков, жиров и углеводов, но и органических кислот, ферментов, витаминов, минеральных веществ и других нутриентов [1, 2].

Сегодня с целью повышения питательной ценности рационов, оптимизации обменных процессов в организме животных и повышения конверсии корма в состав рациона дополнительно вводят комплексные кормовые добавки, разработанные, в том числе из доступного растительного сырья, и обогащенные высокоактивными компонентами, целенаправленно регулирующими метаболизм у животных [3—5]. Перспективным объектом в данном контексте являются продукты метаболизма чайного гриба *Medusomyces gisevii*, продуцируемые симбиотической культурой различных видов дрожжей и уксуснокислых бактерий. Согласно данным литературных источников культуральная жидкость *Medusomyces gisevii* содержит органические кислоты (уксусная, глюконовая, глюкуроновая, молочная, яблочная и лимонная), водорастворимые витамины (B, C, P, PP), жирорастворимые витамины (незначительные количества: A, E, D), ферменты (липазу, протеазу, амилазу и каталазу), а также прочие соединения — сахара, белковые вещества, аминокислоты, этанол и нуклеиновые кислоты [6, 7], проявляет бактериостатические и бактерицид-

ные свойства в отношении некоторых патогенных штаммов микроорганизмов, а также способствует увеличению количества лакто и бифидобактерий [8—11], что является целевыми эффектами при разработке функциональных кормовых добавок для коров. Экспериментальных исследований по оценке влияния культуральной жидкости Medusomyces gisevii на коровах до настоящего времени не проводилось, что предопределило цель наших исследований — изучить влияние лабораторного образца БАКМП Симбион-Д на основе культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* с пектином на молочную продуктивность, обмен веществ и качество молока новотельных коров красной степной породы в условиях производственного опыта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ/ MATERIALS AND METHODS. Получение экспериментального образца биологически активной композиции микробного происхождения (БАКМП) Симбион-Д осуществляли в учебно-научной лаборатории ветеринарной фармакологии и токсикологии ИВМиБ ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Композиция представляет симбиотический комплекс, полученный путём культивирования *Medusomyces gisevii* — консорциума уксуснокислых бактерий родов *Acetobacter, Komagataeibacter, Gluconobacter, Pseudomonas* и дрожжей родов *Zygosaccharomyces, Brettanomyces, Pichia* в специализированной питательной среде, обогащённый специфическими метаболитами и пектином [12—14]. Научно-производственные испытания по изучению возможности и целесообразности использования БАКМП Симбион-Д в рационах полновозрастных коров были проведены на базе молочного комплекса СПК «Ермак» Нововаршавского района Омской области в период с июня по август 2025 года на дойных коровах, содержащихся без привязи в групповых секциях. Из числа клинически здоровых животных, репрезентативных по основным хозяйственно-полезным признакам (продуктивность, возраст, количество лактаций, дата отёла) были сформированы контрольная (n=145) и опытная (n =158) группы. Все коровы получали рацион, в состав которого входили сено, сенаж, силос, концентраты раздавали с помощью кормораздатчика-миксера. В опытной группе дополнительно задавали кормовую добавку «БАКМП Симбион-Д», которую из расчета 100 мл на голову в течение 70 дней в период с 30—35 по 100—105 день лактации, что соответствует фазе раздоя – периоду наиболее интенсивной молочной продуктивности. В период эксперимента возникли незапланированные технологические стресс-факторы (исключение шрота из рациона, нарушение режима доения, кормления и поения вследствие отключения электроэнергии), что позволило получить информацию об эффективности кормовой добавки в стрессовой ситуации.

Влияние БАКМП Симбион-Д на молочную продуктивность определяли на основании сопоставления показателей валового производства молока и среднесуточного удоя коров в контрольной и опытной группах в течение всего периода наблюдения (70 дней). Для оценки изменений качества молока в 1 и 30 день опыта отбирали пробы молока, в которых определяли бактериальную обсеменённость, содержание жира и белка. Исследования проводили БУ Омской области «Омская областная ветеринарная лаборатория» (RA.RU.21ПХ92). Пробы молока отбирали в стерильные пластиковые контейнеры в процессе утреннего доения. Бактериологическое исследование выполняли методом посева на селективные и дифференциально-диагностические среды: кровяной агар (для выделения стафилококков и оценки гемолитических свойств), среду Эндо (для энтеробактерий), желточно-солевой агар (для стафилококков), агар для энтерококков (энтерококк агар). Отсутствием роста считали пробы, в которых на используемых селективных и дифференциально-диагностических средах не выделены патогенные и условно-патогенные микроорганизмы. Сапрофитная микрофлора (молочнокислые стрептококки, лактобактерии) может присутствовать и расценивается как физиологическая норма для молока здоровых коров.

Оценку влияния изучаемой кормовой добавки на обмен веществ, проводили на основании сопоставления результатов исследования проб крови, отобранных из каудальной хвостовой вены в вакуумные пробирки на 1 и 30 день наблюдения у 20 коров из опытной группы. Гематологический профиль (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, гемоглобин) определяли на анализаторе Mindray BC-2008vet. Биохимический профиль (общий белок, альбумины, мочевина, креатинин, глюкоза, ЛДГ, АЛТ, АСТ, билирубин, ЩФ, ГГТ, триглицериды, амилаза, холестерин, кальций, магний, фосфор, хлор, калий) — на биохимическом анализаторе Screen Master, используя наборы реагентов Hospitex Diagnostics (Италия).

Статистическую обработку цифровых данных выполняли в программе «Statistica 13» в операционной системе Microsoft Windows 10. Методом описательной статистики были определены: медиана (Me), минимум (Мин), максимум (Макс), интерквартильные процентили (P25%; P75%). Для оценки изменений показателей крови проводили сравнение фоновых значений (контроль) и значений через 30 дней после дачи БАКМП Симбион-Д (опыт), используя непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (pk-w). Различия считали статистически значимыми при pk-w менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Результаты клинического наблюдения показали, что в течение всего опыта коровы в сопоставимых группах оставались клинически здоровыми.

Метаболический статус коров оценивали по изменениям морфологических и биохимических показателей крови, результаты которых представлены в таблицах 1 и 2.

Результаты морфологического анализа крови коров через 30 суток ежедневного скармливания БАКМП Симбион-Д в дозе 100 мл/голову свидетельствуют об увеличении количества эритроцитов на 10,6 % и концентрации гемоглобина на 9,5 %.

Таблица 1 — Гематологические показатели крови коров из опытной группы на 1 и 30 день применения кормовой добавки БАКМП Симбион-Д (n=20)

Table 1 — Hematological parameters of the blood of cows from the experimental group on the 1st and 30th day of using the feed additive BAKMP Symbion-D (n=20)

Показатели	День эксперимента (Me; $P_{25\%}$; $P_{75\%}$)		p_{k-w}
	1	30	
Лейкоциты, 10^9/л	19,5 (15,5; 22,0)	19,1 (15,9; 24,5)	0,967
Эритроциты, 10^12/л	6,7 (6,3; 6,9)	7,5 (7; 8)	0,01*
Гемоглобин, г/л	104 (98;108)	115 (108,5;123)	0,01*
Тромбоциты, 10^9/л	389 (367; 445)	460 (355; 507)	0,08

**Различия статистически достоверны (p_{k-w}<0,05) по сравнению с 1 днем опыта (фоновыми показателями).*

Отмеченные изменения могут быть обусловлены как прямым влиянием биологически активных веществ, входящих в состав симбиотика, в том числе аскорбиновой кислотой и рутином, имеющих ключевое значение в стимуляции эритропоэза, так и опосредованно, через улучшение всасывания железа и других нутриентов из кишечника (за счет оптимизации pH и микробиоты) и/или через снижение уровня провоспалительных цитокинов, угнетающих эритропоэз (гепсидина) [19, 20].

Кроме того, синергическое действие аскорбиновой кислоты и рутина (как основного компонента витамина Р) обеспечивает антиоксидантную защиту мембран эритроцитов, предохраняя их от разрушения в условиях метаболического стресса, а яблочный полисахарид, входящий в состав симбиотика, обеспечивает эффективное выведение токсинов, что в сочетании с действием витаминов улучшает работу митохондрий и оптимизирует снабжение клеток энергией [21].

Биохимические показатели крови коров из опытной группы до применения симбиотика находятся в пределах референтного диапазона характерного для лактирующих коров в период раздоя либо незначительно выходят за его пределы (табл. 2).

Через 30 суток в крови коров регистрировали повышение концентрации общего белка на 14,01 %, за счёт достоверного увеличения глобулинов (на 11,24 %) и менее выраженного альбуминов, что указывает на активизацию анаболических процессов, в частности, белоксинтезирующей функции печени. Повышение уровня глюкозы на 7,67 % демонстрирует активизацию углеводного метаболизма и способствует оптимизации энергетического обеспечения организма, которое является ключевым фактором стабилизации гомеостаза и поддержания высокой молочной продуктивности коров. Увеличение активности АсАТ (на 9,5 %) и АлАТ (на 15,83 %) подтверждает активизацию белкового обмена, в частности, ферментативных процессов, ответственных за метаболизм аминокислот. При этом следует отметить, что в начале опыта у некоторых животных были повышены показатели активности АсАТ и ЛДГ, что характерно для патологии печени. На заключительном этапе наблюдения выявлено снижение верхней границы диапазона уровня данных ферментов за счет снижения максимальных величин, соответственно на 21,8 и 30,1 %, что свидетельствует об улучшении функции печени. На наличие у изучаемой кормовой добавки гепатотропного эффекта указывает снижение уровня общего билирубина (на 19,95 %) и повышение ГГТ (на 14,3 %), которое обусловлено улучшением

Таблица 2 — Биохимические показатели крови коров в 1-й (числитель) и через 30 (знаменатель) день применения кормовой добавки БАКМП Симбион-Д (n=20)

Table 2 — Biochemical parameters of cows' blood on the 1st (numerator) and 30th (denominator) day of using the feed additive BAKMP Symbion-D (n=20)

Показатель	Референтные значения	Медиана	Мин÷Макс	Интерквартильные процентили $P_{25\%}$÷$P_{75\%}$
Белок общий, г/л	72–86	78,50	65÷104,4	70,7÷85,2
		89,50*	71÷101	86,5÷92,5
Альбумины, г/л	35–50	41,60	39,8÷48,2	40,3÷44,7
		41,90	38,9÷45,2	40,9÷42,65
Глобулины, г/л	36 – 42	36,90	25,2÷56,2	30,4÷40,5
		47,60*	32,1÷55,8	45,6÷49,8
А/Г коэффициент	0,83 – 1,19	1,13	0,9÷1,35	1,02÷1,21
		0,88	0,70÷1,05	0,81÷0,93
Азот мочевины, ммоль/л	4,6 – 6,7	5,09	3,9÷6,27	4,57÷5,585
		5,00	3,6÷6,1	4,3÷5,65

Мочевая кислота, мкмоль/л	40–120	46,05	33÷80,7	41,05÷53,85
		48,60	39,7÷58,5	45,3÷51,05
Креатинин, мкмоль/л	88–177	93,30	67,9÷124	88,45÷99,4
		105,00*	15÷131	98÷111,5
Глюкоза, ммоль/л	2,5–3,88	2,77	2,39÷3,21	2,58÷2,9
		3,00*	2,7÷3,2	2,9÷3,1
ЛДГ, ед/л	30 – 150	75,85	4,74÷271,2	24,8÷104,05
		104,35	47,9÷189,5	85,85÷134,8
Фосфатаза щелочная, ед/л	27,6–173,4	108,90	87,1÷184,1	100,85÷148
		134,40	91,8÷150,2	119,65÷145,55
АЛТ, ед/л	38 – 75	37,55	21,3÷49,4	33÷42,2
		43,50*	29÷51	38,5÷48
АСТ, ед/л	85 – 100	85,40	48,6÷145,8	79,55÷102,25
		93,50	68÷114	82,5÷105
Билирубин общий, ммоль/л	1,71 – 8	3,66	3,22÷4,44	3,52÷3,715
		2,90*	2,5÷4,1	2,7÷3,1
ГГТ, ед/л	11 – 37	34,95	25,4÷51	30,55÷37,45
		39,95	34,9÷48,2	38,5÷43,5
Холестерин, ммоль/л	6 – 10	8,09	5,05÷13,07	6,695÷9,395
		7,07	5,72÷8,51	6,36÷7,935
Триглицериды, ммоль/л	0,2–0,6	0,48	0,33÷0,54	0,415÷0,495
		0,47	0,41÷0,54	0,45÷0,51
Амилаза, ед/л	20-45	36,35	27,8÷64	34,1÷43,5
		35,30	29,1÷45,6	33÷39,35
Кальций, ммоль/л	2,50–3,11	3,22	1,63÷4,63	2,74÷3,75
		2,98	1,78÷3,74	2,54÷3,23
Хлор, ммоль/л	90,4 – 107,6	95,15	78,6÷104,1	91,5÷97,55
		95,15	89,8÷102,1	93÷97,55
Магний, ммоль/л	0,5 – 1,5	1,45	0,58÷1,99	1,255÷1,72
		1,66	0,85÷2,01	1,43÷1,815
Калий, ммоль/л	3,3 – 4,6	2,85	1,22÷6,53	2,26÷3,875
		3,02	1,92÷5,14	2,6÷3,51
Фосфор, ммоль/л	1,04–2,80	2,80	2,26÷3,19	2,54÷2,945
		2,83	2,07÷3,25	2,495÷2,955

Примечание: **различия статистически достоверны (p_{k-w}<0,05) по сравнению с исходными показателями (1 день опыта).*

экскреторной функции печени. Изменение концентрации кальция, магния и калия, возможно обусловлено действием органических кислот, входящими в состав культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* (уксусной, глюконовой, лимонной и др.), которые, повышая кислотность кишечного химуса, переводят минералы в более растворимую форму и облегчают их всасывание в кишечнике [22—24].

Выявленные изменения обмена веществ у коров на фоне дачи им кормовой добавки «БАКМП Симбион-Д» положительно отразились на показателях молочной продуктивности. В сравнении с животными из группы контроля показатели валового производства молока и среднесуточного удоя у коров, которые получали в течение 70 дней кормовую добавку оказались выше на 13,5 и 4,2 %, соответственно (табл. 3).

Следует отметить, что указанный эффект стимуляции синтеза молока достигнут на фоне технологических стрессов, которые не только снижают продуктивность, но и нивелируют влияние биологически активных веществ [15, 16]. По литературным данным [17, 18], аналогичные, возникшие в нашем эксперименте стрессы, вызывают нарушение барьерной функции кишечника и развитие эндотоксемии, что сопровождается повышением затрат энергетических субстратов, в частности глюкозы на иммуннометаболические процессы с соответствующим уменьшением её доступности для синтеза лактозы, уровень которой лимитирует молочную продуктивность. Повышение удоя у коров опытной группы, получавших БАКМП Симбион-Д, может быть обусловлен действием входящих в его состав

Таблица 3 — Показатели молочной продуктивности коров (Me)

Table 3 — Milk productivity indicators of cows (Me)

Группа	Валовое производство натурального молока за 70 дней, кг	Кол-во голов	Среднесуточный удой молока на голову, кг
Опытная	**1774,0**	**158**	**22,4**
Контрольная	**1563,5**	**145**	**21,5**
Разница между группами контроль и опыт	+210,5	-	+0,93

Примечание: *«натуральное молоко» — молоко, фактически надоенное без пересчёта на базисную жирность.*

органических кислот, ферментов и полисахаридов, которые нормализуют пищеварение и поддерживают детоксикационную функцию печени, снижая метаболические риски развития стресса.

Результаты исследования состава молока, представленные в таблице 4, свидетельствуют о том, что у животных экспериментальных групп нет статистически значимой разницы в содержании жира и белка между группами.

Результаты микробиологического исследования проб молока, отобранных до начала скармливания БАКМП Симбион-Д и после его 30-ти дневного включения в рацион представлены в таблице 5.

До начала эксперимента в пробах молока, отобранных от коров опытной группы, рост микроорганизмов был зарегистрирован в 10 пробах из 12 (83,3 %). Наиболее часто выделяли Escherichia coli (6 проб, 50,0 %), *Staphylococcus spp.* (4 пробы, 33,3 %) и *Bacillus spp.* (3 пробы, 25,0 %). *Enterococcus spp.* в этот период не обнаруживали. В 7 пробах (58,3 %) микрофлора была представлена монокультурой, в 3 пробах (25,0 %) — ассоциацией двух видов. Отсутствие роста патогенных и условно-патогенных микроорганизмов отмечено в 2 пробах молока (16,7 %).

Через 30 дней ежедневного скармливания БАКМП Симбион-Д в составе рациона количество проб молока с регистрируемым ростом условно-патогенных микроорганизмов снизилось с 12 до 8 проб (66,7 %). *Escherichia coli* и *Bacillus spp.* в этот период не выделялись. Частота обнаружения стафилококков (*Staphylococcus spp.*) составила 41,7 % (5 проб). Монокультуры регистрировали в 6 пробах (50,0 %), из них в 3 пробах — стафилококки и в 3 — энтерококки. Смешанные культуры (из двух видов) выявлены в 2 пробах (16,7 %). Количество проб без патогенных и условно-патогенных микроорганизмов увеличилось с 2 до 4 проб молока (33,3 %).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Кормовая добавка «БАКМП Симбион-Д», в состав которой входят культуральная жидкость *Medusomyces gisevii* в сочетании с пектином обладает достоверным метаболическим и гепатопротекторным действием. Ежедневное включение данной кормовой добавки в рацион коров в период раздоя в дозе 100 мл на голову в течение 70 дней оптимизирует гематологический и биохимический статус животных, улучшает функциональное состояние печени и системы кроветворения, повышает молочную продуктивность животных и уровень микробиологической безопасности молока. Таким образом, представленные результаты исследований позволяют рассматривать кормовую добавку «БАКМП Симбион-Д» как эффективный корректор обмена веществ и продуктивности для коров в период лактации.

THE EFFECT OF MEDUSOMYCES GISEVII CULTURE FLUID ON LACTATING COWS

Boiko T. V.* — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Diagnostics, Internal Non-Contagious Diseases, Pharmacology, Surgery, and Obstetrics (ORCID 0000-0002-0799-8921); **Kamaltinova K. N.** — Postgraduate student, (ORCID 0009-0009-4544-6026); **Luksha E. A.** — Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, (ORCID 0000-0003-4591-2508).

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

*tv.boyko@omgau.org.

Таблица 4 — Показатели содержания белка и жира в молоке коров в 1 (числитель) и на 30 (знаменатель) день применения БАКМП Симбион-Д (M±SD)

Table 4 — Protein and fat content in cows' milk on day 1 (numerator) and day 30 (denominator) of using the Symbion-D milk protein concentrate (M±SD)

Группа	Белок, %	Жир, %
Контрольная	3,41±0,07 3,34±0,08	3,71±0,16 3,78±0,12
Опытная	3,30±0,11 3,42±0,06	3,79±0,11 3,73±0,12

Таблица 5 — Микробиологические показатели молока коров до и через 30 суток после введения в рацион БАКМП Симбион-Д в дозе 100 мл/голову

Table 5 — Microbiological parameters of cows' milk before and 30 days after the introduction of Symbion-D into the diet at a dose of 100 ml/head

Показатель	Контроль (n=12)		Опыт (n=12)	
	n	%	n	%
Выделены культуры микроорганизмов				
Escherichia coli	6	50,0	—	—
Staphylococcus spp.	4	33,3	5	41,7
Enterococcus spp.	—	—	5	41,7
Bacillus spp.	3	25,0	—	—
Выделены монокультуры бактерий				
Staphylococcus spp.	2	16,7	3	25,0
Escherichia coli	3	25,0	—	—
Enterococcus spp.	—	—	3	25,0
Bacillus spp.	2	16,7	—	—
Всего монокультур	7	58,3	6	50,0
Выделены монокультуры бактерий				
Staphylococcus spp.	2	16,7	3	25,0
Escherichia coli	3	25,0	—	—
Enterococcus spp.	—	—	3	25,0
Bacillus spp.	2	16,7	—	—
Всего монокультур	7	58,3	6	50,0
Выделены смешанные культуры бактерий				
2 микроорганизма	3	25,0	2	16,7
Отсутствие роста*	**2**	**16,7**	**4**	**33,3**

***Примечание:** * под «отсутствием роста» понимается отсутствие роста на селективных средах для выделения патогенной и условно-патогенной микрофлоры.*

ABSTRACT. *This article presents the results of a research and production study examining the effect of the biologically active microbial composition (BAMC) Symbion-D on milk production and the hematological status of lactating cows. BAMC Symbion-D is a multicomponent mixture of biologically active substances (metabolites) produced by a symbiotic culture of various species of yeast and acetic acid bacteria of the Medusomyces gisevii consortium, combined with pectin. Experimental studies were conducted at an agricultural enterprise in the Omsk Region engaged in the breeding and rearing of Red Steppe cattle. The study subjects were first-calf heifers, divided into an experimental (n=158) and a control (n=145) group. Cows in the experimental group were additionally administered 100 ml per head of the probiotic preparation Symbion-D daily for 70 days as part of their full-ration feed mixture during the morning feeding. Cows in the control group received only the basic diet. Results: an increase in average daily milk yield by 930 g per head, without affecting the fat and protein content of the milk; an increase in red blood cell count by 10,6 % and hemoglobin concentration by 9,5 %; an increase in total protein concentration by 14,01 %, globulin fraction by 11,24 %, creatinine by 12,54 %, and glucose by 7,67 %; an increase in alanine aminotransferase activity by 15,83 % against a background of a 19,95 % decrease in total bilirubin levels reflects adaptive processes in hepatocytes caused by improved bile flow. A microbiological study of milk showed that after 30 days of application of BAMC Symbion-D to cows, the proportion of samples with no growth of pathogenic and opportunistic pathogenic microorganisms increased from 16,7 % to 33,3 %. The culture liquid of Medusomyces gisevii in combination with pectin promotes activation of protein and energy metabolism, improves the functional state of the liver and the hematopoiesis system, which, together with an increase in productivity, allows us to consider this The composition is used as an effective metabolic corrector for cows during the breeding season.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воеводин, Ю. Е. Реализация биоресурсного потенциала продуктивных качеств коров при включении в их рационы липосомального препарата / Ю. Е. Воеводин и др. // Вестник Ульяновской гос. сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 1 (25). — С. 113—118.

REFERENCES

1. Voevodin YuE, Ulitko VE, Lifanova SP, Erisanova OE. Realization of bioresource potential of productive qualities of cows when including a liposomal preparation in their diets. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2014;(1):113–118.

2. Карпенко, Е. В. Биотехнологические приемы повышения продуктивного действия кормов для сельскохозяйственных животных / Е. В. Карпенко и др. // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. — 2017. — Т. 7, № 1. — С. 19—22.

3. Bhatta, R. A systematic review of plant—based feed additives: Their role in reducing methane emissions and improving nutrient efficiency in ruminants / R. Bhatta, S. Pandey // International Journal of Environmental Sciences. — 2025. — Vol. 11, No. 19S. — P. 2185—2194.

4. Лашин, А. П. Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока на фоне влияния комбикормовых добавок растительного происхождения / А. П. Лашин и др. // Дальневосточный агр. вестник. — 2024. — № 2.

5. Казачкова, Н. М. Анализ кормовых добавок с компонентами растительного происхождения, используемых в отечественном птицеводстве / Н. М. Казачкова // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 4. — С. 269—275. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.269.

6. Митина, С. С. Показатели биологической активности культуральной жидкости чайного гриба (*Medusomyces gysevii*) в процессе культивирования / С. С. Митина и др. // Биоразнообразие, биоресурсы, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона : материалы научно-практ. конф-ции. — Ставрополь, 2015. — С. 203—208.

7. Рогожин, В. В. Medusomyces gisevii: строение, функционирование и использование / В. В. Рогожин, Ю. В. Рогожин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. — 2017. — Т. 7, № 4. — С. 135—146.

8. Flyurik, E. A. Medusomyces gisevii L.: cultivation, composition, and application / E. A. Flyurik, O. S. Ermakova // Foods and Raw Materials. — 2023. — Vol. 11, No. 1. — P. 152—161. DOI: 10.21603/2308-4057-2023-1-563.

9. Alaei, Z. The protective role of Kombucha extract on the normal intestinal microflora, high—cholesterol diet caused hypercholesterolemia, and histological structures changes in New Zealand white rabbits / Z. Alaei, M. Doudi, M. Setorki // Avicenna Journal of Phytomedicine. — 2020. — Vol. 10, No. 6. — P. 604—614.

10. Бондарева, Н. И. Микробиоценоз толстого кишечника крыс при пероральном применении зооглеи *Medusomyces gysevii* (чайный гриб) / Н. И. Бондарева, Л. Д. Тимченко, Е. В. Алиева [и др.] // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2017. — Т. 12, № 1. — С. 87—90.

11. Influence of biologically active substances on the basis of *Medusomyces gysevii* (the tea mushroom) on bacteria of the genus Lactobacillus / N. I. Bondareva, L. D. Timchenko, I. V. Rzhepakovsky [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2016. — Vol. 7, No. 6. — P. 1224—1230.

12. Huang, X. A systematic, complexity—reduction approach to dissect microbiome: the kombucha tea microbiome as an example / X. Huang, Y. Xin, T. Lu // bioRxiv : preprint. — 2022. DOI: 10.1101/2022.01.12.475982.

13. Влияние Симбион—д на микробный состав кишечника и иммунитет телят при диспепсии / Е. А. Жарикова, Т. В. Бойко, Н. А. Лещева, В. С. Власенко // Вестник КрасГАУ. — 2023. — № 6 (195). — С. 130—137. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-6-130-137.

14. Жарикова, Е. А. Биохимические показатели крови телят при применении биологически активной композиции микробного происхождения Симбион—д / Е. А. Жарикова, Т. В. Бойко // Совр. тенденции развития ветеринарной науки и практики : сборник материалов Всерос. (нац.) научно-практической конференции (Омск,

2. Karpenko EV, Mosolova NI, Zlobina EYu, Grishin VS. Biotechnological methods for increasing the productive effect of feeds for farm animals. Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences. 2017;7(1):19—22.

3. Bhatta R, Pandey S. A systematic review of plant—based feed additives: Their role in reducing methane emissions and improving nutrient efficiency in ruminants. International Journal of Environmental Sciences. 2025;11(19S):2185—2194.

4. Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatsky M. V. Milk productivity and some milk quality indicators in cows under the influence of plant—based feed additives. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2024;(2).

5. Kazachkova NM. Analysis of feed additives containing plant—derived components used in domestic poultry farming. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024;(4):269—275.DOI:10.52419/issn2072-2419.2024.4.269.

6. Mitina S. S., Avanesyan S. S., Bondareva N. I. Biological activity of kombucha culture liquid (*Medusomyces gysevii*) during cultivation. In: Biodiversity, Bioresources, Biotechnology and Public Health of the North Caucasus Region: Proceedings of the Scientific and Practical Conference. Stavropol; 2015. P. 203—208.

7. Rogozhin VV, Rogozhin YuV. Medusomyces gisevii: structure, functioning and application. Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2017;7(4):135—146.

8. Flyurik E. A., Ermakova O. S. *Medusomyces gisevii L.*: cultivation, composition, and application. Foods and Raw Materials. 2023;11(1):152—161. DOI: 10.21603/2308-4057-2023-1-563.

9. Alaei Z., Doudi M., Setorki M. The protective role of Kombucha extract on the normal intestinal microflora, high—cholesterol diet caused hypercholesterolemia, and histological structures changes in New Zealand white rabbits. Avicenna Journal of Phytomedicine. 2020;10(6):604—614.

10. Bondareva N. I., Timchenko L. D., Alieva E. V., et al. Large intestine microbiocenosis in rats after oral administration of *Medusomyces gysevii* zoogloea (kombucha). Medical News of North Caucasus. 2017;12(1):87—90.

11. Bondareva N. I., Timchenko L. D., Rzhepakovsky I. V., et al. Influence of biologically active substances on the basis of Medusomyces gysevii (the tea mushroom) on bacteria of the genus Lactobacillus. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016;7(6):1224—1230.

12. Huang X., Xin Y., Lu T. A systematic, complexity—reduction approach to dissect microbiome: the kombucha tea microbiome as an example. bioRxiv. 2022. DOI:10.1101/2022.01.12.475982.

13. Zharikova E. A., Boyko T. V., Leshcheva N. A., Vlasenko V. S. Effect of Simbion—D on the intestinal microbiota and immunity of calves with dyspepsia. The Bulletin of KrasGAU. 2023;(6):130—137. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-6-130-137.

14. Zharikova E. A., Boyko T. V. Biochemical blood parameters of calves after administration of the biologically active microbial composition Simbion—D. In: Current Trends in the Development of Veterinary Science and Practice: Proceedings of the All—Russian National Scientific and Practical Conference; 2022 Apr

25—29 апреля 2022 года). — Омск : Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2022. — С. 338—341.

15. Киреев, И. В. Динамика показателей окислительного статуса у кроликов при моделировании технологического стресса и его фармакологической коррекции / И. В. Киреев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2019. — Т. 54, № 4. — С. 815—824.

16. Lashyn, D. A new approach to minimizing the impact of technological stress factors on the clinical and physiological state of piglets / D. Lashyn, I. Korkh // The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of NAAS of Ukraine. — 2025. — № 135. — P. 53—65. DOI: 10.32900/2312-8402-2025-135-53-65.

17. Митина, С. С. Влияние биологически активной композиции на основе чайного гриба (*Medusomyces gysevii*) на показатели липидного спектра крови белых крыс / С. С. Митина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 3.

18. Митина, С. С. Влияние условий культивирования *Medusomyces gysevii* на витаминный состав культуральной жидкости / С. С. Митина и др. // Биоразнообразие, биоресурсы, биотехнологии и здоровье населения Сев.-Кав. региона : материалы II-й ежегодной научно-практической конференции (Ставрополь, 07—28 апреля 2014 года) / отв. ред. А. Д. Лодыгин, Е. В. Денисова. — Ставрополь : Сев.-Кав. фед. ун-тет, 2014. — С. 153—159.

19. Горбачев, В. В. Витамины, микро— и макроэлементы : справочник / В. В. Горбачев, В. Н. Горбачева. — Минск : Книжный дом : Интерпрессервис, 2002. — 544 с.

20. Влияние состава питательной среды на количество витамина С в культуральной жидкости симбионта (*Medusomyces gysevii*) / С. С. Митина, Н. И. Бондарева, С. С. Аванесян, М. Н. Сизоненко // Физико-химическая биология : материалы конференции (Ставрополь, 25—27 ноября 2015 года). — Ставрополь : Ставропольский гос. мед. университет, 2015. — С. 113—116.

21. Бегеретова, Д. М. Исследование влияния видов пектиновых веществ и их комбинаций на антиоксидантную активность и комплексообразующую способность для применения в пищевых системах / Д. М. Бегеретова [и др.] // Ползуновский вестник. — 2025. — № 1. — С. 168—177. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.021.

22. Schaafsma, G. Bioavailability of calcium and magnesium / G. Schaafsma // European Journal of Clinical Nutrition. — 1997. — Vol. 51, Suppl. 1. — P. S13—S16.

23. Ravindran, V. Acidification of weaner pig diets: a review / V. Ravindran, E. T. Kornegay // Journal of the Science of Food and Agriculture. — 1993. — Vol. 62, No. 4. — P. 313—322.

24. Islam, K. M. S. Use of citric acid in broiler diets / K. M. S. Islam // World's Poultry Science Journal. — 2012. — Vol. 68, No. 1. — P. 104—118. DOI: 10.1017/S0043933912000116.

25—29; Omsk, Russia. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin; 2022. P. 338—341.

15. Kireev I. V., Orobets V. A., Serova O. N., et al. Dynamics of oxidative status indicators in rabbits during experimental technological stress and its pharmacological correction. Agricultural Biology. 2019;54(4):815—824.

16. Lashyn D., Korkh I. A new approach to minimizing the impact of technological stress factors on the clinical and physiological state of piglets. The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of NAAS of Ukraine. 2025;(135):53—65. DOI:10.32900/2312-8402-2025-135-53-65.

17. Mitina S. S., Piskov S. I., Timchenko L. D., et al. Effect of a biologically active composition based on kombucha (*Medusomyces gysevii*) on blood lipid profile in white rats. Modern Problems of Science and Education. 2016;(3).

18. Mitina S. S., Rzhepakovsky I. V., Bondareva N. I. Effect of cultivation c/ /onditions of Medusomyces gysevii on the vitamin composition of the culture liquid. In: Biodiversity, Bioresources, Biotechnology and Public Health of the North Caucasus Region: Proceedings of the II Annual Scientific and Practical Conference; 2014 Apr 7—28; Stavropol, Russia. Stavropol: North Caucasus Federal University; 2014. p. 153—159.

19. Gorbachev V. V., Gorbacheva V. N. Vitamins, Microelements and Macroelements: Handbook. Minsk: Knizhny Dom; Interpresservis; 2002. 544 p.

20. Mitina S. S., Bondareva N. I., Avanesyan SS, Sizonenko MN. Effect of nutrient medium composition on vitamin C content in the culture liquid of the symbiont (Medusomyces gysevii). In: Physical and Chemical Biology: Conference Proceedings; 2015 Nov 25—27; Stavropol, Russia. Stavropol: Stavropol State Medical University; 2015. p. 113—116.

21. Begeretova D. M., Belyavtseva T. A., Bugaeva N. N., et al. Influence of different pectin substances and their combinations on antioxidant activity and complex—forming ability for application in food systems. Polzunovskiy Vestnik. 2025;(1):168—177. DOI:10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.021.

22. Schaafsma G. Bioavailability of calcium and magnesium. European Journal of Clinical Nutrition. 1997;51(Suppl. 1):S13—S16.

23. Ravindran V., Kornegay E. T. Acidification of weaner pig diets: A review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1993;62(4):313—322.

24. Islam KMS. Use of citric acid in broiler diets. World's Poultry Science Journal. 2012;68(1):104—118. DOI: 10.1017/S0043933912000116.

УДК: 636.2.034+637.07
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.191

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В РОССИИ

Зайцев С. Ю. — д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., рук. гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста».

*s.y.zaitsev@mail.ru.

Ключевые слова: *молоко коров, породы коров, молочная продуктивность, удой, массовые доли жира и белка.*
Key words: *cow milk, cow breeds, milk productivity, milk yield, fat and protein content.*

Финансирование: *работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР 2024–2026: 124020200032–4).*

Поступила в редакцию / Received: 15.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Молоко является одним из главных продуктов для питания как человека, так и млекопитающих животных, поскольку в нем содержится множество важных биологически активных веществ. Целью работы стала оценка основных данных о современном состоянии молочного скотоводства в России по параметрам продуктивности и состава молока коров. Положительно, что в 2025 году объем производства сырого молока (ОПСМ) в России составил ~34,1—34,3 млн. тонн (на 5,6—5,8 % выше 2021 года) и планомерно повышается последние 20 лет. Наряду с ростом ОПСМ в последние годы, изменяется и доля трех типов «молочных» хозяйств: 1. крупных сельскохозяйственных организаций (СХО); 2. личных хозяйствах населения (ХозН); 3. крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ): 1. СХО — 63,8 % (56,2 %); 2. ХозН — 28,4 %; (34,7 %); 3. КФХ 7,8 % (9,1 %) за 2025 (2021) гг., т.е. происходит возвращение лидерства СХО на фоне снижения доли ХозН и КФХ. По общему количеству поголовья безусловно лидируют черно-пестрая и голштинская породы, а затем, по убывающей: симментальская, холмогорская, красно-пестрая, красная степная, айрширская, ярославская и другие породы. Максимальный общий удой за лактацию наблюдается у голштинской породы, а затем, по убывающей: черно—пестрая, ярославская порода, айрширская, холмогорская, красная степная, красно—пестрая, симментальская. Первое место по массовой доли жира разделили симментальская и ярославская породы (4,1 %), а затем, по убывающей (до 3,8 %): голштинская, красно-пестрая, красная степная, айрширская породы, черно-пестрая, холмогорская породы. Первое место по массовой доли белка разделили симментальская и ярославская породы (3,3 %) а затем, по убывающей (до 3,1 %): черно-пестрая, красно-пестрая, красная степная, айрширская, голштинская, холмогорская породы.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**. Обеспечение страны сельскохозяйственной (с.-х.) продукцией, сырьем и продовольствием записано в документе «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденном Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20 [1] (как и в предыдущем Указе Президента Российской Федерации от 30.01.2010 г. № 120 [2] на эту же тему). отражает основу «продовольственной независимости» России. В указанных выше документах отражено то, что «продовольственная независимость определяется как уровень самообеспечения в процентах, рассчитываемый как отношение объема отечественного производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия к объему их внутреннего потребления» [1, 2]. Важно отметить, что в этой доктрине на пятом месте стоит «пороговое значение в отношении … молока и молокопродуктов (в пересчете на молоко) — не менее 90 %» [1]. Такое внимание к данным вопросам на высшем уровне связано с негативной динамикой уровня продовольственной независимости России по основным сельскохозяйственным продуктам в 1990—2010 гг. Непосредственно по пункту «молоко и молокопродукты» в обзорной статье [3] указано, что уровень «самообеспечения» составлял по годам: «1990 г. — 88,2 %; 1995 г. — 86,8 %; 2000 г. — 88,6 %; 2005 г. — 82,3 %; 2010 — 80,6 %» [3]. Однако в последние 10 лет по пункту «молоко и молокопродукты» положение стало выправляться и следующая положительная динамика: «2016 г. — 80,7 %; 2017 г. — 82,3 %; 2018 г. — 83,9 %; 2019 — 84,4 %» [3], и более 85 % в последние годы [7], дает надежду на скорое решение указанной проблемы.

Однако, не смотря на существенный прогресс в области молочного животноводства и всего агропромышленного комплекса (АПК) РФ за последние 10—15 лет, к настоящему времени этот

показатель пока не достигнут, что отмечено в Постановлении № 455-СФ (Москва 19 октября 2022 года, [4]) Совета Федерации Федерального Собрания РФ «О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». В этом документе отмечено, что «…Российская Федерация в 2021 году достигла пороговых значений показателей продовольственной независимости по многим ключевым направлениям ..., однако еще предстоит обеспечить достижение указанных показателей по молоку и молокопродуктам…» [4]. Таким образом, не просто продолжение, а значительная интенсификация, работ в области молочного скотоводства (особенно, в плане увеличения объемов и качества молока коров с постоянным совершенствованием имеющихся и развитием инновационных методов его анализа) является очень важным и актуальным [1—4].

На сегодняшний день коровье молоко — наиболее популярный и продаваемый в России и в мире вид молока с.—х. животных [5—9]. Молоко является одним из главных продуктов для питания как человека, так и млекопитающих животных, поскольку в нем содержится множество важных биологически активных веществ (БАВ). Когда именно человек стал «конкурентом» для телят в потреблении молока точно неизвестно, однако имеется мнение, что это произошло, по меньшей мере, за 9000 лет до нашей эры, то есть более 11000 лет назад. Значение молока в питании человека определяется его уникальным составом. По данным В. А. Тутельяна и др. [5], потребление 500 мл молока в день обеспечивает около 20 % суточной потребности взрослого человека в белке, 19% — в жире, 47 % — в витамине В2, 56 % — фосфоре (Р) и 60 % — в кальции (Са) [5—9].

Целью работы стала оценка основных данных о современном состоянии молочного скотоводства в России по различным параметрам продуктивности и биохимических параметрах молока коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / 2. MATERIALS AND METHODS. Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) как библиографическая база данных научных публикаций российских учёных и индекс цитирования научных статей (eLibrary) — https://www.elibrary.ru, Центральная научная сельскохозяйственная библиотека (ФГБНУ ЦНСХБ) — http://www.cnshb.ru , Научная электронная библиотека (НЭБ) «КиберЛенинка» — https://cyberleninka.ru/, ScienceDirect — https://www.sciencedirect.com , Google Scholar (Google Академия) — https://scholar.google.ru/ , ResearchGate — https://www.researchgate.net/ за период 2005—2026 гг. Обобщение данных и стратегия электронного поиска проводились в соответствии с международными рекомендациями «PRISMA». В частности, критерии отбора источников: соответствие обозначенной темы, тип дизайна исследования, целевая популяция сельскохозяйственных животных, определенный временной интервал и «рецензируемость». Проведен обзор опубликованных исследований в наукометрических базах РИНЦ, ФГБНУ ЦНСХБ, НЭБ, Web of Science и Scopus за период, преимущественно, 2005—2026 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ/ RESULTS. Главной тенденцией последних десятилетий является значительный рост производства молока всех видов сельскохозяйственных животных (коров, буйволов, коз и т.д.) в мире, который составил суммарно от 579,8 млн. тонн (2000 г.) до 918,2 млн. тонн (2021 г.) (ФАО [10]). В 2025 г. общемировое производства молока всех видов сельскохозяйственныхживотных достигло около 992 млн. тонн в год (ФАО [11]). Причем Европейский союз (ЕС) производит 15—16 %, США 10—11 %, Пакистан около 6—7 %, Китай — около 4 % мирового [11]. По данным ФАО Индия, в настоящее время, является лидером по производству коровьего и буйволиного молока с общим объемом около 25% от мирового [11]. Основой последнего является беспрецедентный рост суммарно производства молока в Индии на 162 %, — от 80 млн. т. (2000 г.) до 209 млн. т. (2021 г.) [10], когда Индия обогнала США, или на 206—209 %, т.е. — до порядка 245—247 млн тонн (2025 г.) [11], что вызывает удивление и вопросы, которые не будут обсуждаться здесь из—за небольшого объёма данного обзора.

Структура производства молока всех видов животных в мире в части молока коров составляет 81,3 %, буйволов — 15 %, коз 2,3 %, овцы 1,1 % верблюды 0,3% (2021—2025 гг.). Вначале следует акцентировать внимание на впечатляюще огромных масштабах производства сырого молока в последние годы существования СССР в 55,7 (51,9 млн. тонн) в 1990 г. (1991 г.), в том числе — 76,1 % (74,4 %) в 1990 г. (1991 г.) в государственных сельскохозяйственных организациях («сельхозорганизации» или СХО), и — 23,9 % (25,6 %) в 1990 г. (1991 г.) в хозяйствах населения (ХозН). После развала СССР объем производства сырого молока существенно уменьшался до 32,3 млн. тонн в 1999—2000 гг. в РФ с небольшим ростом в 32,9 (33,5 млн. тонн) в 2001 г. (2002 г.). К сожалению, в дальнейшем объем производства сырого молока в РФ продолжал колебаться в пределах от 33,5—33,3 млн. тонн (2002—2003 г.) до 29,9 млн. тонн (2013 и 2015 гг.) или даже 29,8 млн. тонн (минимальные значения в России зафиксированы в 2016 г.) (табл. 1).

Положительно, что в 2021—2022 гг. объем производства сырого молока в России составил порядка 32,3—33,0 млн. тонн, а в 2025 — даже ~34,1—34,3 млн. тонн, что соответствует уровню 1999—2004 и превышает уровень продукции молока за последние 20 лет (табл. 1). Небольшие колебания в оценках объемов производства сырого молока в России связаны как с корректировкой предварительных данных, так и с разницей в методиках расчётов («Минсельхоз оперирует товарным молоком, а Росстат — валовым показателем»

[11—19]). Надо учитывать, что данные АБ-центра (Экспертно-аналитический центр агробизнеса) [11], немного выше таковых в базах данных ФАО по объему производства сырого молока в России: 32,1—32,7 млн. тонн в 2021—2022 гг. [10, 12—14], что не изменяет общей тенденции существенного роста этого показателя. При этом, общее («валовое») производство молока в России (в хозяйствах всех категорий) увеличилось по итогам января-февраля 2026 года на 0,3 % к уровню того же периода 2025 года, т.е. до 4,8 млн. тонн (согласно он-лайн информации «Milknews» [14]).

Интересно, что наряду с ростом объемов производства сырого молока в последние годы, изменяется (в разной степени) и доля трех типов «молочных» хозяйств, которые принято выделять в статистических данных для России (табл. 2), а именно: СХО — 46,4 % (56,2 %); ХозН — 49,8 % (34,7 %); КФХ — 3,8 % (9,1 %) за 2010 г. (2021 г.), т.е. происходит значительное увеличение доли КФХ и возвращение лидерства СХО на фоне существенного снижения доли ХозН. Особенно интересными являются поквартальные данные по объемам производства сырого молока и доли трех типов молочных хозяйств (табл. 1), в последние годы (2019—2021 гг.) [15—17].

Следует отметить большую волатильность значений по ХозН во втором и третьем кварталах за 2019/2020/2021 гг.: 42,8—35,5 %/39,3—40,2 %/37,2—40,5 % (табл. 1), что на 20—30 % выше, чем в первом и четвертом кварталах. Обратная зависимость характерна для КФХ во 2—ом и 3-ем кварталах за 2019/2020/2021 гг.: 7,6—8,9 %/8,2—9,5 %/8,8—8,9 %, что заметно ниже, чем в 1-ом и 4-ом кварталах. Таким образом, наибольшая стабильность показателей в поквартальных данных наблюдается для СХО.

По информации Росстата, за январь-май 2026 года СХО России произвели 9,14 млн тонн молока, что на 2,3 % больше, чем за аналогичный период прошлого года. Важно отметить, что валовое производство молока в хозяйствах всех категорий по итогам января-апреля 2026 года увеличилось на 0,4 % к уровню того же периода 2025 года и составило 10,4 млн тонн [18].

Структура производства молока в России по кварталам (I—IV [19]) традиционно показывает неравномерность объемов по кварталам (табл. 2). Например, в кварталах II и III в 2010 г. было получено на 50—53 % больше молока, чем в I и IV кварталах, тогда как 2025 г. эта разница уменьшилась до 16—23 % (табл. 2), т. е. происходит выравнивание

Таблица 1— Структура производства молока всех видов животных (млекопитающих) в России в 2010—2025 гг.

Table 1. — Structure of milk production of all types of animals (mammals) in Russia in 2010—2025

Год	Производство молока, млн. тонн	Структура производства по категориям хозяйств#, %		
		СХО, %	ХозН, %	КФК, %
2010	31,5	46,4	49,8	3,8
2011	31,2	45,8	48,1	6,1
2012	31,2	47,1	47,1	5,8
2013	29,9	46,8	46,8	6,4
2014	30,0	48,7	46,6	4,7
2015	29,9	49,1	44,5	6,4
2016	29,8	50,3	41,3	8,4
2017	30,2	49,7	39,7	10,6
2018	30,6	54,3	38,5	7,2
2019	31,4	53,1	37,3	9,6
2020	32,2	56,5	36,4	7,1
2021	32,3	56,2	34,7	9,1
2022	33,0	57,7	33,3	9,0
2023	33,8	57,6	33,4	9,1
2024	~34,1*.** 34,0***	49,8*	38,6*	11,6*
2025	~34,3**, 34,1***	63,8%	28,4%	7,8

Примечание: #СХО — крупные сельскохозяйственные организации), ХозН — хозяйства населения, КФХ — крестьянско-фермерские хозяйства; Росстат*, *Минсельхоз России (предварительные данные**, скорректированные позднее данные***), и другие источники (АБ-центр, «Milknews») [6-19], включая информацию Дмитрия Патрушева, вице-премьера РФ https://ria.ru/20260121/moloko-2069259781.html от 21.01.2026. http://government.ru/dep_news/57573/.*

Таблица 2 — Структура производства молока всех видов животных (млекопитающих) в России по кварталам (I—IV) в 2010—2026 гг. / Table 2. Structure of milk production of all types of animals (mammals) in Russia by quarter (I—IV) in 2010—2026

Год	I	II	III	IV
2010	6 203	9 508	9 471	6 326
2011	6 024	9 249	9 391	6 540
2012	6 321	9 313	9 261	6 302
2013	6 021	8 811	8 877	6 156
2014	5 888	8 747	8 901	6 366
2015	6 022	8 669	8 789	6 407
2016	6 125	8 540	8 634	6 488
2017	6 246	8 549	8 708	6 682
2018	6 394	8 665	8 770	6 783
2019	6 491	8 747	9 006	7 116
2020	6 797	8 980	9 133	7 316
2021	6 904	9 008	9 064	7 363
2022	7 032	9 056	9 224	7 672
2023	7 303	9 300	9 332	7 876
2024	7 500	9 370	9 239	7 926
2025	7 564	9 316	9 252	7 993
2026	7 554	-	-	-

Примечание: *по данным Минсельхоза России [19].*

производства молока по кварталам (табл. 2). Кроме того, при сравнении одного и того же квартала в разные годы можно сделать вывод о хорошей стабильности показателей. Например, в первых кварталах 2026 и 2025 годов (табл. 2, по данным Минсельхоза России) было получено практически одинаковое количество молока (разница составляет около 0,1 %), что является хорошим результатом.

Молочная продуктивность коров основных пород в 2026 году, представленная как суточный надой (по оперативной информации Минсельхоза России на 15.06.2026) составляет 24,8 кг на корову в сутки (средний показатель по стране), что почти на 4,6% выше в сравнении с таковыми в 2025 году [19] или на 82,6 % — к 2010 году [6]. При этом в 2026 году в сыром молоке содержание жира — 3,94 % и белка — 3,30 % [19] было заметно выше по сравнению с таковыми в 2010 г.: жира — 3,84 % и белка — 3,14 % [6].

Средний удой по породе за лактацию (от 305 до 318—335 дней) и показатели качества молока разных пород молочных коров в России (за последние годы [5—7, 20—25]) приведены в таблице 3.

По общему количеству поголовья за последние годы безусловно лидирует черно-пестрая порода 1105,16 тысяч голов, второе место) голштинская

Таблица 3 — Продуктивность и показатели качества молока разных пород молочных коров в России (за последние годы) / Table 3. — Productivity and quality indicators of milk of different breeds of dairy cows in Russia (in recent years)

Порода	СУПЛ	МДЖ	МДБ
Айрширская	6230,0 кг	3,9 % или 246 кг	3,2 % или 203,6 кг
Красно-пёстрая	5109,5 кг	3,9 % или 202,1 кг	3,2 % или 179,1 кг
Красной степная	5570,0 кг	3,9 % или 216,8 кг	3,2 % или 191,7 кг
Симментальская	4864,0* кг	4,1 % или 193,9кг	3,3 % или 154,3 кг
Холмогорская	5646,5 кг	3,8 % или 215,3 кг	3,1 % или 184,4 кг
Черно-пестрая	7263,5 кг	3,8 % или 277,2 кг	3,2 % или 233,6 кг
Голштинская	7301* кг	3,9 % или 277 кг	3,1 % или 229,7 кг
Ярославская	6562 кг	4,1 % или 255,8 кг	3,3 % или 211,2 кг

Примечание: *СУПЛ — средний удой по породе за лактацию, МДЖ — массовая доля жира, МДБ — массовая доля белка, * более 305 дней, данные Росстата, Минсельхоза России и другие источники (АБ-центр, «Milknews») [5—7, 20—25].*

порода — 906,04 тысячи голов, третье место) симментальская — 117,95 тысяч голов, четвертое место) холмогорская порода — 115,34 тысяч голов, пятое место) красно-пестрая порода — 109,08 тысяч голов, шестое место) красная степная порода — 70,46 тысяч голов, седьмое место) айрширская порода — 68,89 тысяч голов, восьмое место) ярославская порода — 32,87 тысяч голов [5—7, 20—25].

Максимальный общий удой за лактацию наблюдается у голштинской породы в объеме 7301 кг, второе место) черно-пестрая — 7263,5 кг, третье место) ярославская порода — 6562, четвертое место) айрширская — 6230 кг, пятое место) холмогорская — 5646,5, шестое место) красная степная — 5570 кг, седьмое место) красно-пестрая — 5109,5 кг, восьмое место) симментальская — 4864 кг [5—7, 20—25].

Первое место по массовой доли жира (%) разделили симментальская и ярославская породы — 4,1%, второе место) разделили: голштинская, красно-пестрая, красная степная, айрширская породы — 3,9%, третье место) черно-пестрая и холмогорская — 3,8% [5—7, 20—25].

Первое место по массовой доли белка (%) разделили симментальская и ярославская породы — 3,3 %, второе место) разделили черно-пестрая, красно-пестрая, красная степная, айрширская — 3,2 %, третье место) разделили голштинская порода и холмогорская — 3,1 % [5—7, 20—25].

Анализируя развитие молочной отрасли России в 2010—2026 гг. следует прежде всего отметить, что производство молока и молочных продуктов является одной из стратегических областей агропромышленного комплекса (АПК) и народного хозяйства Российской Федерации, что отражено в документах самого высокого уровня [1—3]. После кризиса 90-х годов и относительной стабилизации в начале 21-го века, с 2010 г. начался постепенный рост молочной продукции с упором на внешние зарубежные технологии. Резкое изменение вектора развития АПК с ориентацией на внутрироссийские ресурсы началось с 2014—2015 гг. и продолжается в последние годы с ускорением. Этот поворот был вызван как ограниченными санкциями Запада 2014—2021 гг., так и последующими всесторонними санкциями с марта 2022 года. АПК, как и большинству отраслей народного хозяйства РФ, удалось не только выстоять под такими санкциями, но и нарастить объемы продукции. Так, по производству молока был обеспечен ежегодный рост в среднем на 1—2 % в 2021—2023 гг., хотя и менее 1 % в 2023—2025 гг. (во многом из-за изменения финансовой политики в стране). Тем не менее обеспеченность населения страны молочной продукцией увеличилась к настоящему времени до уровня порядка 85 % (по моей оценке на базе источников [7, 15—19]), а с помощью усиления интеграции с Белоруссией — до почти 100 %. Авторы работы 2026 № 2. характеризуют современный этап как попытку преодолеть импортную зависимость в АПК, что «сопровождается гиперинфляцией издержек, структурными диспропорциями, кадровым дефицитом и ростом конкуренции со стороны рынка растительных альтернатив». Ими делается вывод о том, что достижение целевых показателей «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.» будет «детерминировано не столько объемом финансовой поддержки, сколько успехами в построении замкнутых технологических цепочек, достижении прорыва в отечественной селекции и решении проблемы подготовки квалифицированных кадров» [26].

С другой стороны, Россия вошла в топ-5 мировых производителей молока и стала крупным экспортером таких продуктов, как «сыры, творог, СОМ и сухая сыворотка, в Казахстан, Узбекистан, Китай и страны Персидского залива» с общей экспортной выручкой на 13 % превышающих показатели отчетного периода прошлого года [17].

Кроме того, по сообщениям сайта «The DairyNews.ru» [14]: «молочная отрасль стала лидером по числу инвестпроектов в пищевой промышленности» с ростом в 21,7 % в 2024. Однако в 2025 году общий объём инвестиций в пищевое производство «снизился на 46 %», а субсидии на молочное направление «в бюджете 2026 года урезаны более чем вдвое» [14, 17]. Это вызвано высокой ключевой ставкой, серьёзно беспокоит «отраслевое сообщество» [14, 17]. Глава «Союзмолоко» Артём Белов «назвал 2025 год периодом «ножниц»: производство росло, спрос снижался» [27]. Кроме того, им были отмечены приоритетные направления развития в 2026 г.: 1) увеличение экспорта в страны Персидского залива и Юго-Восточную Азию; 2) углубленная переработка молока в «функциональные, высокобелковые и безлактозные продукты»; 3) усиление борьбы с фальсификатом с помощью цифрового контроля через «ВетИС» и «Честный знак»; 4) повышение автоматизация на всех уровнях (от фермы до упаковки) для снижения себестоимости продукции на всех этапах. Таким образом, «молочная отрасль находится в области глобальных структурных изменений, когда «количественный рост производства сырого молока уходит на второй план, уступая место «эффективности переработки, управлению себестоимостью и экспортному развитию» [27]. Одним из главных драйверов роста в молочной отрасли является увеличение «продуктивности стада». Аналитики «Союзмолоко» оценили рост надоев на одну корову в среднем на 4,5 % [27].

В этом плане одним из современных научных подходов является гибридизация высокопродуктивных молочных пород (прежде всего — голштинской) с зебувидным скотом, который устойчив к жаре [28, 29]. Такие гибриды (сейчас в работе в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста [30]) могут сочетать высокий уровень продуктивности с адаптацией к повышенным температурам, что позволяет снизить производственные потери, обусловленные современным изменением клима-

та. Подобные работы проводились с «70—80-ых годов XX века в опытном хозяйстве «Снегири» Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН» [28, 29]. В настоящее время «ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста получены первые пять телят: они появились в результате скрещивания зебувидных коров с голштинской и симментальской породами крупного рогатого скота» [30].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В настоящее время Россия вошла в топ-5 мировых с объемом производства сырого молока в 2025 году на уровне ~34,1—34,3 млн. тонн, что на 5,6—5,8 % выше данных 2021 года. Положительно, что тенденция планомерного повышения производителей молока в России продолжается последние 20 лет. Наряду с этим указанный рост в последние годы, изменяется, как и доля трех типов «молочных» хозяйств. В последние годы происходит возвращение лидерства СХО на фоне снижения доли ХозН и КФХ.

По общему количеству поголовья безусловно лидируют черно-пестрая и голштинская породы, а затем, по убывающей: симментальская, холмогорская, красно-пестрая, красная степная, айрширская, ярославская и другие породы. Максимальный общий удой за лактацию наблюдается у голштинской породы, а затем, по убывающей: черно-пестрая, ярославская порода, айрширская, холмогорская, красная степная, красно-пестрая, симментальская. Первое место по массовой доли жира разделили симментальская и ярославская породы (4,1 %), а затем, по убывающей (до 3,8 %): голштинская, красно-пестрая, красная степная, айрширская породы, черно-пестрая, холмогорская породы. Первое место по массовой доли белка разделили симментальская и ярославская породы (3,3 %) а затем, по убывающей (до 3,1 %): черно-пестрая, красно-пестрая, красная степная, айрширская, голштинская, холмогорская породы.

THE CURRENT STATE OF DAIRY FARMING IN RUSSIA

Zaitsev S. Yu. — Doctor of Chemical Sciences, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-1533-8680).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst.

*s.y.zaitsev@mail.ru.

ABSTRACT. *Milk is one of the main nutritional products for both humans and mammals, as it contains many important biologically active substances. The aim of the work was to assess the basic data on the current state of dairy farming in Russia in terms of productivity and composition of cows' milk. It is positive that in 2025, the volume of raw milk production (VRP) in Russia amounted to ~34,1—34,3 million tons (5,6—5,8 % higher than in 2021) and has been steadily increasing over the past 20 years. Along with the growth of VRP in recent years, the share of three types of «dairy» farms: 1. Large Agricultural Organization (LAO); 2. Private Farms (PrFs); 3. Peasant Farms (PeFs) is also changing: 1. LAO — 63,8 % (56,2 %); 2. PrF — 28,4 %; (34,7 %); 3. PeF — 7,8 % (9,1 %) for 2025 (2021), i.e., LAO are regaining their leadership position against the backdrop of a decreasing share of PrFs and PeFs. In terms of total livestock numbers, the Black-and-White and Holstein breeds are clearly in the lead, followed in descending order by Simmental, Kholmogory, Red-and-White, Red Steppe, Ayrshire, Yaroslavl, and other breeds. The Holstein breed has the highest total milk yield per lactation, followed in descending order by Black-and-White, Yaroslavl, Ayrshire, Kholmogory, Red Steppe, Red-and-White, and Simmental. The Simmental and Yaroslavl breeds shared first place in fat content (4.1%), followed in descending order (to 3,8 %) by Holstein, Red Pied, Red Steppe, Ayrshire, Black Pied, and Kholmogory breeds. The Simmental and Yaroslavl breeds shared first place in protein content (3,3 %), followed in descending order (to 3,1 %) by Black Pied, Red Pied, Red Steppe, Ayrshire, Holstein, and Kholmogory breeds.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20. Президент России. [Электронный ресурс]. http://kremlin.ru/acts/bank/45106 Дата обращения: 17 июня 2020 г. Архивировано 18 июня 2020 года.

2. Указ Президента Российской Федерации от 30.01.2010 г. № 120. Президент России. [Электронный ресурс]. http://kremlin.ru/acts/bank/30563 Дата обращения: 25 июня 2019 г. Архивировано 22 июня 2019 года.

3. Пицюк И. Л., Фишман Б. Е., Реализация доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: краткий анализ результатов за десять лет. Вестник ТОГУ. 2020. №4 (59). С. 115—122.

4. Постановление Совета Федерации Федерального Собрания РФ «О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» от 19

REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020, No. 20. President of Russia. [Electronic resource]. http://kremlin.ru/acts/bank/45106. Date of access: June 17, 2020. Archived June 18, 2020.

2. Decree of the President of the Russian Federation of January 30, 2010, No. 120. President of Russia. [Electronic resource]. http://kremlin.ru/acts/bank/30563. Date of access: June 25, 2019. Archived June 22, 2019.

3. Pitsyuk I. L., Fishman B. E., Implementation of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: A Brief Analysis of Results over Ten Years. PSU Bulletin. 2020. No. 4 (59). P. 115—122.

4. Resolution of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation «On the implementation of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation»

октября 2022 года № 455— СФ. [Электронный ресурс]. http://council.gov.ru/activity/documents/139304/ Дата обращения: 27 июля 2023 г.

5. Молоко: состояние и проблемы производства / В.И. Трухачев [и др.]. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 300 с.

6. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. 2024 — М: Издательство ВНИИплем, 2025.

7. Зайцев С. Ю. Биохимические и физико-химические методы исследования молока коров. Монография. // Зайцев С. Ю., Воронина О. А., Колесник Н. С., Сивкина О. Н., Сермягин А. А., Осадчая О. Ю. — ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста, Дубровицы, 2024. — 396 с.

8. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова. 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Гиорд, 2010. — С. 330.

9. Твердохлеб, Г. В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб, Р. И. Раманаскас. — М.: ДеЛипринт, 2006. — 260 с.

10. FAO. Agricultural production statistics 2010—2024 / FAOSTAT Rome 31/12/2025. https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights—detail/agricultural-production-statistics-2010-2024/en.

11. OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2025—2034, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome 2025. DOI: 10.1787/601276cd-en.

12. РОССТАТ 2026 (доступно с апреля 2026) https://showdata.rosstat.gov.ru/finder/descriptors/278970.

13. АВ-центр: Экспертно-аналитический центр агробизнеса. [Электронный ресурс]. https://ab-centre.ru/dbase/9/1.

14. «Milknews»: «Новости молочного рынка», онлайн информация 2026 https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/tovarnoe-moloko-mart-2026.html.

15. Федеральная служба государственной статистики. Краткосрочные экономические показатели Российской Федерации. 2022. [Электронный ресурс]. https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b22_02/Main.htm

16. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сборник. — М.: Росстат. 2021. — 100 с.

17. DairyTech: Актуальная аналитика молочной промышленности прогноз на 2026 год, онлайн информация о выставке DairyTech 2027 https://dairytech-expo.ru/ru/press-room/news/2026/march/24/molochnaya-otrasl-rossii-v-2025-2026-godu/

18. Минсельхоз России Центр Агроаналитики Дайджест Молоко выпуск № 150 от 16 июня 2026 https://static.specagro.ru/cdn/ff/Vusac93Jc2L0HlYSGYuZ8CtvRjpCPZCxE6HoiuTOMyo/1781621077/public/2026-06/daydzhest-moloko_no150_red_0.pdf

19. Минсельхоз России (МСХ РФ): «оперативная информация по надоям и реализации молока на 15.06.2026». https://mcx.gov.ru/moloko/

20. С.-х. животные. Физиологические и биохим. параметры организма: справочное пособие / под науч. ред. В. Б. Решетова. — Боровск: ВНИИФБиП, 2002. — 354 с.

21. Зайцев С. Ю., Савина А. А., Воронина О. А. Взаимосвязи антиоксидантной активности и основных параметров молока коров черно-пестрой породы при его пастеризации // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — №3. — С. 397—410.

22. Зайцев С. Ю. Сравнительная оценка молока коров

dated October 19, 2022 No. 455-SF. [Electronic resource]. http://council.gov.ru/activity/documents/139304/ Date of access: July 27, 2023.

5. Trukhachev V. I. et al. Milk: state and problems of production. St. Petersburg: Lan Publishing House, 2018. — 300 p.

6. Yearbook on breeding work in dairy cattle farming on farms of the Russian Federation. 2024. — Moscow: VNIIPlem Publishing House, 2025.

7. Zaitsev S. Yu. Biochemical and physicochemical methods for studying cow's milk. Monograph // Zaitsev S. Yu., Voronina O. A., Kolesnik N. S., Sivkina O. N., Sermyagin A. A., Osadchaya O. Yu. — FGBNU FRC VIZh named after L. K. Ernst, Dubrovitsy, 2024. — 396 p.

8. Gorbatova, K. K. Biochemistry of milk and dairy products / K. K. Gorbatova, P. I. Gunkova. 4th ed., revised. and enlarged. — St. Petersburg: Giord, 2010. — P. 330.

9. Tverdokhleb, G. V. Chemistry and physics of milk and dairy products / G. V. Tverdokhleb, R. I. Ramanaskas. — M .: DeLiprint, 2006 .—— 260 p.

10. FAO. Agricultural production statistics 2010—2024 / FAOSTAT Rome 31/12/2025. https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights—detail/agricultural-production-statistics-2010-2024/en.

11. OECD/FAO. OECD—FAO Agricultural Outlook 2025—2034, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome 2025. DOI: 10.1787/601276cd-en.

12. ROSSTAT 2026 (available since April 2026) https://showdata.rosstat.gov.ru/finder/descriptors/278970.

13. AB-Center: Expert and Analytical Center for Agribusiness. [Electronic resource]. https://ab—centre.ru/dbase/9/1.

14. Milknews: Dairy Market News, online information 2026 https://milknews.ru/analitika-rinka-moloka/tovarnoe-moloko-mart-2026.html

15. ROSSTAT Russian Federation Federal State Statistics Service. Short—term economic indicators of the Russian Federation. 2022. [Electronic resource]. https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b22_02/Main.htm

16. Agriculture in Russia. 2021: Statistical Digest. — Moscow: Rosstat. 2021. — 100 p.

17. DairyTech: Current analytics of the dairy industry forecast for 2026, online information about the DairyTech 2027 exhibition https://dairytech-expo.ru/ru/press-room/news/2026/march/24/molochnaya-otrasl-rossii-v-2025-2026-godu/.

18. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Center for Agroanalytics, Digest Milk, issue No. 150 of June 16, 2026 https://static.specagro.ru/cdn/ff/Vusac93Jc2L0HlYSGYuZ8CtvRjpCPZCxE6HoiuTOMyo/1781621077/public/2026-06/daydzhest-moloko_no150_red_0.pdf

19. Ministry of Agriculture of the Russian Federation (MoA RF): «operational Information on milk yield and sales as of June 15, 2026.» https://mcx.gov.ru/moloko/

20. Farm animals. Physiological and biochemical parameters of the body: reference manual / edited by V.B. Reshetov. — Borovsk: VNIIFBiP, 2002. — 354 p.

21. Zaitsev S. Yu., Savina A. A., Voronina O. A. Relationships between antioxidant activity and the main parameters of milk of Black-and-White cows during its pasteurization // International Veterinary Bulletin. — 2025. — No. 3. — P. 397—410.

22. Zaitsev S.Yu. Comparative assessment of milk of cows

ряда национальных пород российской селекции // Межд. вестник ветеринарии. — 2025. — №3. — С. 263—270.

23. Симинь, Д. Сравнительный анализ отрасли молочного животноводства Китая и России / Д. Симинь, Ю.В. Шарапов, Н.В. Шарапова // Московский экономический журнал. — 2022. — № 11. — С. 284—292.

24. Санова, З. С. Породы молочного направления в Калужской области // Владимирский земледелец. — 2022. — № 2 (100). — С. 48—53.

25. Шаркаева, Г. А. Современное состояние рынка молочной продукции в Российской Федерации / Г. А. Шаркаева, А. Н. Ильченко // Теория и практика современной науки. — 2022. — №. 6 (84). — С. 276—284.

26. Плешков В. А., Козлова О. В. Анализ факторов развития и ограничений молочной отрасли России в 1990—2025 гг. // Молочная промышленность. — 2026. — № 2. — С. 21—28.

27. Агроинвестор. В 2026 году молочную отрасль ждет поиск нового баланса (Елена Долбунова) 5 января 2026 https://www.agroinvestor.ru/markets/news/45396-v-2026-godu-molochnuyu-otrasl-zhdet-poisk-novogo-balansa/.

28. Садыков М. М., Хасболатова Х. Т. Зоотехнические показатели помесных телок, полученных от скрещивания с зебу в равнинной провинции Дагестана // Известия Дагестанского ГАУ. — 2022. — № 1 (13). — С. 64—69.

29. Амерханов Х. А., Соловьева О. И., Караев Г. Г., Шеховцев Г.С . Динамика молочной продуктивности гибридных генотипов швицкой и красной степной пород с зебу в первые три лактации // Молочное и мясное скотоводство. — 2026. — № 2. — С. 13—16.

30. ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Национальный центр. В ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста получено гибридное потомство высокопродуктивных молочных пород крупного рогатого скота и зебу 01.06.2026 https://ernstcenter.ru/centrnews/tpost/zebu-26.

of some national breeds of Russian selection // International Veterinary Bulletin. — 2025. — No. 3. — P. 263—270.

23. Simin, D. Comparative analysis of the dairy farming industry of China and Russia / D. Simin, Yu. V. Sharapov, N. V. Sharapova // Moscow Economic Journal. — 2022. — No. 11. — P. 284—292.

24. Sanova, Z. S. Dairy breeds in the Kaluga region // Vladimirsky zemledelets. — 2022. — No. 2 (100). — P. 48—53.

25. Sharkaeva, G. A. Current state of the dairy products market in the Russian Federation / G. A. Sharkaeva, A. N. Ilchenko // Theory and practice of modern science. — 2022. — No. 6 (84). — P. 276—284.

26. Pleshkov V. A., Kozlova O. V. Analysis of development factors and constraints of the Russian dairy industry in 1990—2025 // Dairy Industry. — 2026. — No. 2. — P. 21—28.

27. Agroinvestor. In 2026, the dairy industry will have to search for a new balance (Elena Dolbunova) January 5, 2026 https://www.agroinvestor.ru/markets/news/45396-v-2026-godu-molochnuyu-otrasl-zhdet-poisk-novogo-balansa/.

28. Sadykov M. M., Khasbolatova H. T. Zootechnical indicators of crossbred heifers obtained by crossing with zebu in the lowland province of Dagestan // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. — 2022. — No. 1 (13). — P. 64—69.

29. Amerhanov Kh. A., Solovieva O. I., Karaev G. G., Shekhovtsev G. S. Dynamics of milk productivity of hybrid genotypes of the Swiss and Red Steppe breeds with zebu in the first three lactations // Dairy and meat cattle breeding. — 2026. — No. 2. — P. 13—16.

30. Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst. National Center. Hybrid offspring of highly productive dairy cattle breeds and zebu were obtained at the FRC VIZh named after L.K. Ernst 01.06.2026 https://ernstcenter.ru/centrnews/tpost/zebu-26

БИОХИМИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ

УДК: 611.136.5:599.742.41
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.199

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЛЕНИЯ КРАНИАЛЬНОЙ БРЫЖЕЕЧНОЙ АРТЕРИИ СОБОЛЯ ЧЕРНОЙ ПУШКИНСКОЙ ПОРОДЫ

Борисов С. В. * — асп. каф. анатомии животных (ORCID 0009-0009-7777-4833); **Щипакин М. В.** — д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-2960-3222).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

* 9167539564@mail.ru.

Ключевые слова: *кишечник, соболь, диаметр, артерии, возраст, топография.*

Key words: *intestine, sable, diameter, arteries, age, topography.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Соболь чёрной пушкинской породы является типичным представителем семейства куньих, обладающим рядом морфофункциональных адаптаций, обусловленных хищным типом питания и особенностями экологии. Пушное звероводство остаётся важной отраслью отечественного животноводства, а рост интереса к интенсивному разведению данного вида обусловливает необходимость углублённого изучения морфологических особенностей его внутренних органов и сосудистой системы. Значимость пищеварительного процесса у животных трудно переоценить, поскольку именно он обеспечивает организм необходимыми пластическими и энергетическими ресурсами посредством сложной цепи гидролитических, моторно-эвакуаторных и абсорбционных механизмов. Цель исследования — изучить пути формирования ветвей краниальной брыжеечной артерии и предоставлении детальной морфотопической и морфометрической характеристики артерий кишечника у указанного вида пушных зверей. Анализ представленных морфометрических данных по возрастным особенностям хода и ветвления краниальной брыжеечной артерии у самцов и самок соболей черной пушкинской породы позволяет выявить четкие закономерности роста всех исследуемых структур с возрастом, а также незначительные половые различия. Выявленная возрастная динамика диаметра сосудов является биологически целесообразной и сопряжена с увеличением метаболических потребностей, объема кишечника и завершением структурного становления его кровеносного русла. Установлено, что краниальная брыжеечная артерия отходит от брюшной аорты на уровне второго-третьего поясничных позвонков. От краниальной брыжеечной артерии последовательно отходят: каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия, общий ствол правой ободочной, средней ободочной и подвздошно-ободочной артерий, а также восемь-двенадцать артерий тощей кишки. Конечной ветвью является подвздошно-кишечная артерия, анастомозирующая с подвздошно-ободочной артерией. Описаны изменения магистрального и дихотомический тип ветвления сосудов в стенке тощей кишки. Отмечены особенности васкуляризации зоны перехода подвздошной кишки в ободочную, обусловленные отсутствием слепой кишки у представителей семейства куньих.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Значимость пищеварительного процесса у животных трудно переоценить, поскольку именно он обеспечивает организм необходимыми пластическими и энергетическими ресурсами посредством сложной цепи гидролитических, моторно-эвакуаторных и абсорбционных механизмов. Одну из главных ролей в этом процессе принадлежит кишечнику — органу, где происходит пристеночное и полостное пищеварение, всасывание нутриентов, воды, электролитов и формирование иммунного ответа [1, 2]. В физиологических условиях координированная работа его отделов гарантирует эффективный пассаж химуса и селективную абсорбцию. В частности, у пушных зверей, обладающим высоким уровнем метаболизма и специфическими адаптациями к плотоядному типу питания (например, у представителей семейств куньих), энтеральная фаза пищеварения отличается повышенной чувствительностью к качеству корма и стресс-факторам, а также высокой скоростью транзита содержимого, что накладывает повышенные требования к резорбтивной и моторной функции тонкой кишки. Нарушения функционального состояния пищеварительного тракта, обусловленные инфекционными (вирусный энтерит, сальмонеллез), инвазионными (кокцидиоз, гельминтозы) и незаразными (алиментарные гастроэнтериты, дисбактериозы)

заболеваниями, характеризуются типовыми патофизиологическими сдвигами: расстройством моторной и эвакуаторной функции, замедлением или ускорением пассажа химуса, а также нарушением абсорбции нутриентов, что ведет к дистрофическим изменениям и снижению продуктивности. В этой связи особую актуальность приобретает не только описание самих энтеральных процессов, но и изучение нормальных морфологических характеристик путей кровообращения пищеварительного тракта, в частности состояния васкуляризации пищеварительной системы у данных животных. Анализ архитектоники сосудистого русла позволяет выявить основные маркеры патологических изменений как на уровне основных источников кровоснабжения, так и в системе внутриорганных сосудов, поскольку ангиоархитектура является ранним индикатором гемодинамических нарушений. У соболя черной пушкинской породы (ценного представителя куньих) краниальная брыжеечная артерия выступает в качестве основного висцерального источника кровообращения для большей части кишечника. Понимание нормальной морфометрии (диаметров, углов отхождения, длины ветвей) и топографическая анатомия кровоснабжения желудочно-кишечного тракта создает фундамент для ангиологической диагностики, прогнозирования рисков ишемических и тромботических осложнений при инфекционных и инвазионных энтеритах, а также определяет перспективность фундаментальных и прикладных исследований в данном направлении [3—6]. Таким образом, цель данного исследования — изучить пути формирования ветвей краниальной брыжеечной артерии и предоставлении детальной морфотопической и морфометрической характеристики артерий кишечника у указанного вида пушных зверей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. При проведении исследования были использованы трупы соболя черной пушкинской породы, доставленные на кафедру анатомии животных ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» из звероводческого хозяйства Тверской области. Объектом для исследования послужили самцы и самки соболей черной пушкинской породы в возрасте 15—20 и 36—40 месяцев от рождения в количестве по 10 голов в каждой группе, полученных после планового хозяйственного убоя.

Перед проведением исследования путем вскрытия брюшной и грудной полости исключались кардиоваскулярные аномалии строения, а также патологии органов брюшной полости. Тонким анатомическим препарированием выделялась грудная часть аорты с последующей наливкой сосудистого комплекса окрашенным рентгенконтрастным веществом, с целью макроскопической визуализации сосудистого русла, и последующем рентгенологическим исследованием. После наливки трупы подвергали фиксации в 10 % растворе формалина в течение 10 суток. Измерения длины, ширины и сопоставление размеров и калибра сосудов проводили при помощи штангенциркуля «GRIFF ШЦТ-II- 250 – 0,05» с ценой деления 0,05 мм., и стереоскопического микроскопа МБС-10. Рентгеновское исследование было проведено с использованием портативного рентгеновского аппарата Orange-1040HF, рентгеновской DR-панели AGFA DX-D 40G, а также программного обеспечения для цифровых детекторов «VetView Pro». Детальный морфометрический анализ и сохранение параметров рентгенограмм проводился в программе «Радиант». При статистической обработке данных использован t–критерий Стьюдента для независимых выборок, достоверным считались различия при значении $p < 0,05$. Все приведенные в статье анатомические термины соответствуют Международной ветеринарной анатомической номенклатуре [7—10].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Краниальная брыжеечная артерия (*a. mesenterica cranialis*) — у соболей черной пушкинской породы вентрально отходит от ствола брюшной аорты на уровне второго-третьего поясничного позвонка сразу после отхождения чревной артерии (*a. celiaca*). Ствол краниальной брыжеечной артерии направляется к левой доле поджелудочной железы и проникает в толщу брыжейки тощей кишки, в этом месте диаметр артерии у самцов возрастной группы 15—20 месяцев составляет в среднем — 0,96±0,10 мм, у самок 0,90±0,10 мм. К возрасту 36—40 месяцев данные показатели увеличиваются в 1,43 и 1,40 раза соответственно и составляют в среднем у самцов — 1,37±0,15 мм, у самок 1,26±0,10 мм. Далее по своему ходу, краниальная брыжеечная артерия дугообразно проходит через проходит лабиринт ободочной кишки, проходя его спереди и сзади. От этой артерии берут начало средняя ободочная артерия (*a. coliaca media*), подвздошно-ободочная (*a. ileocolica*) и каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия (*a. pancreaticoduodenalis caudalis*).

Первоначально от краниальной брыжеечной артерии отходит каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия, диаметр в месте ее отхождения у самцов первой возрастной группы составляет в среднем — 0,30±0,03 мм, у самок 0,26±0,02 мм. К возрасту второй группы данные показатели увеличиваются в 1,37 и 1,42 раза соответственно и составляют в среднем у самцов – 0,41±0,06 мм, у самок 0,37±0,04 мм. Каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия проходит в составе поджелудочно-двенадцатиперстной связки. Описанный сосуд участвует в васкуляризации правой доли поджелудочной железы и участка двенадцатиперстной кишки.

После отхождения каудальной поджелудочно-двенадцатиперстной артерии краниальная брыжеечная артерия отдает общий ствол правой ободочной (*a. coliaca dextra*), средней ободочной и подвздошно-ободочной артерий, топографически ствол проходит между листками брыжейки ободочной кишки и имеет плавающую скелето-

Таблица 1 — Морфометрические показатели диаметра некоторых артерий кишечника у соболей черной пушкинской породы в возрастном аспекте

Table 1 — Morphometric indices of the diameter of some intestinal arteries in Black Pushkin sables in relation to age

Название показателя	Пол	Соболь 15—20 месяцев	Соболь 36—40 месяцев
Краниальная брыжеечная артерия	♂	0,96±0,10	1,37±0,15*
	♀	0,90±0,10	1,26±0,10*
Каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия	♂	0,30±0,03	0,41±0,06*
	♀	0,26±0,02	0,37±0,04*
Тощекишечные артерии	♂	0,30±0,03	0,47±0,05*
	♀	0,27±0,03	0,43±0,04*

Примечание: ** P<0,05 уровень достоверности при сравнении с соболями 15—20 месячного возраста.*

топию. Концевой участок общего артериального ствола имеет рассыпной тип ветвления.

Средняя ободочная артерия делится на две ветви, одна из ветвей проходит по брыжеечному краю к левой трети поперечной ободочной кишки, а вторая направляется к левому ободочному изгибу и проходит к нисходящей части ободочной кишки, анастомозируя с левой ободочной артерией.

Правая ободочная артерия направляется к правому ободочному изгибу, васкуляризируя его и большую часть поперечной ободочной кишки.

В связи с отсутствием у представителей куньих слепой кишки, подвздошно-ободочная артерия проходит в составе брыжейки, по границе подвздошной и ободочной кишок, к месту анатомического перехода подвздошной кишки в ободочную и к восходящей ободочной кишке, разветвляясь по всей ее длине. Таким образом, подвздошно-ободочная артерия, отдав ветвь к подвздошной артерии, участвует в ее васкуляризации, а также кровоснабжает часть ободочной кишки.

После отхождения вышеописанного общего ствола, от краниальной брыжеечной артерии отходят прямые сосуды в количестве восьми — двенадцати отдельных тощекишечных артерий (*aa. jejunales*). Между концевыми участками тощекишечные артерии образую анастомозы с соседними артериями, образуя сосудистые дуги или скопление дуг, отдающих сосуды к брыжеечному краю тощей кишки. В свою очередь брыжеечные дуги дихотомически разделяются на магистральные латеральные и медиальные пристеночные сосуды. Размеры прямых тощекишечных артерий вариабильны, но в среднем составляют у 15—20 месячных особей у самцов 0,30±0,03 мм, у самок 0,27±0,03 мм. К возрасту 36-40 месяцев у данных животных данные показатели увеличиваются в 1,56 и 1,60 раза соответственно и составляют в среднем у самцов 0,47±0,05 мм, у самок 0,43±0,04

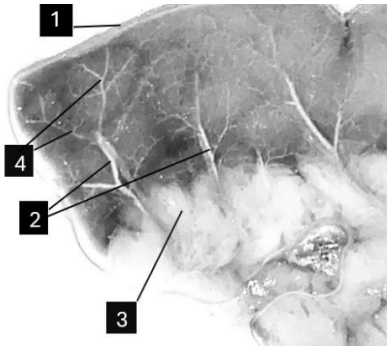


Рисунок 1 *— Ветвление пристеночных тощекишечных артерий соболя черной пушкинской породы. Возраст 15—20 месяцев. Инъекция свинцовым суриком на скипидаре. 1 — противобрыжеечный край; 2 — магистральное ветвление тощекишечных артерий; 3 — брыжеечный край; 4 — дихотомическое ветвление тощекишечных артерий.*

Figure 1 *— Branching of the parietal jejunal arteries in a Black Pushkin sable. Age 15—20 months. Injection with red lead in turpentine. 1 — antimesenteric margin; 2 — main branching of the jejunal arteries; 3 — mesenteric margin; 4 — dichotomous branching of the jejunal arteries.*

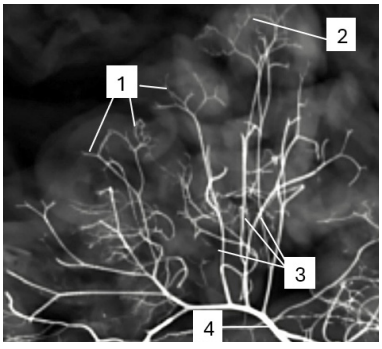


Рисунок 2 *— Ветвление тощекишечных артерий соболя черной пушкинской породы. Возраст 36—40 месяцев. Инъекция свинцовым суриком на скипидаре: 1 — концевые ветви тощекишечной артерии; 2 — анастомоз брыжеечного края тощекишечных артерий; 3 — тощекишечные артерии брыжейки; 4 — краниальная брыжеечная артерия.*

Figure 2 *— Branching of the jejunal arteries of the Black Pushkin sable. Age 36—40 months. Injection with red lead in turpentine: 1 — terminal branches of the jejunal artery; 2 — anastomosis of the mesenteric edge of the jejunal arteries; 3 — jejunal arteries of the mesentery; 4 — cranial mesenteric artery.*

мм (табл. 1). Достигнув срединной части тощей кишки, тип ветвления сосудов меняется с магистрального на дихотомический, таким образом, концевые участки расходятся по всей толще органа, нередко образуя анастомозы между латеральными и медиальными пристеночными сосудами на противоположном брыжеечном крае тощей кишки. Описанное изменение типа ветвления представлено на рисунках 1 и 2.

Терминальной ветвью краниальной брыжеечной артерии является подвздошно-кишечная артерия, она отходит вместе с последней тощекишечной артерией, проходя по правому ободочному изгибу, анастомозирует с подвздошно-ободочной артерией.

Следует отметить, что увеличение диаметра сосудов кишечника у соболей черной пушкинской породы между возрастными группами 15—20 и 36—40 месяцев жизни является закономерным проявлением постнатального онтогенеза и обусловлено комплексом морфофункциональных факторов. Во-первых, исследуемый период (15—20 мес. и 36—40 мес.) соответствует этапам завершения соматического роста и наступления физиологической зрелости у куньих. Хотя линейные размеры тела соболя достигают взрослых значений уже к 4—6 месяцам, масса животного и объем внутренних органов продолжают увеличиваться вплоть до 2—3-летнего возраста. Параллельно возрастает абсолютная длина кишечника и площадь его брыжейки, что требует интенсивности сосудистого русла для обеспечения васкуляризации. Формирование же ГМЦР брыжейки, характеризуется закономерным увеличением числа артериол и венул, а также их диаметра, что тесно коррелирует с возрастным ростом площади самих брыжеечных сегментов кишечника. Во-вторых, повышение метаболической активности у зверей старшей возрастной группы (36—40 мес.) связано с завершением репродуктивного созревания и стабилизацией высокого уровня обменных процессов. Более интенсивное пищеварение и всасывание нутриентов требуют усиления перфузии кишечной стенки, что достигается, в том числе, за счет увеличения диаметра приносящих артерий. С возрастом происходит закономерное повышение сердечного выброса и объема циркулирующей крови, диаметр магистральных артерий (включая висцеральные ветви аорты) достоверно увеличивается с возрастом, создавая предпосылки для кровоснабжения кишечного сосудистого русла по разным типам кровоснабжения. У соболей 36—40 месяцев, в отличие от молодняка 15—20 месяцев, окончательно формируется мышечный слой артерий кишечника, что позволяет поддерживать более низкое периферическое сопротивление и обеспечивать эффективную абсорбцию.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Анализ представленных морфометрических данных по возрастным особенностям хода и ветвления краниальной брыжеечной артерии у самцов и самок соболей черной пушкинской породы позволяет выявить четкие закономерности роста всех исследуемых структур с возрастом, а также незначительные половые различия. Таким образом, выявленная возрастная динамика диаметра сосудов является биологически целесообразной и сопряжена с увеличением метаболических потребностей, объема кишечника и завершением структурного становления его кровеносного русла. Установлено, что краниальная брыжеечная артерия отходит от брюшной аорты на уровне второго-третьего поясничных позвонков. От краниальной брыжеечной артерии последовательно отходят: каудальная поджелудочно-двенадцатиперстная артерия, общий ствол правой ободочной, средней ободочной и подвздошно-ободочной артерий, а также восемь-двенадцать артерий тощей кишки. Конечной ветвью является подвздошно-кишечная артерия, анастомозирующая с подвздошно-ободочной артерией. Описаны изменения магистрального и дихотомический тип ветвления сосудов в стенке тощей кишки. Отмечены особенности васкуляризации зоны перехода подвздошной кишки в ободочную, обусловленные отсутствием слепой кишки у представителей семейства куньих. Полученные данные расширяют сведения о сравнительной и функциональной анатомии куньих и могут быть использованы в ветеринарной практике при оценке патологических изменений желудочно-кишечного тракта соболей.

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC FEATURES OF BRANCHING OF THE CRANIAL MESENTERIC ARTERY OF THE BLACK PUSHKIN SABLE

Borisov S. V. — Postgraduate student of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0009-0009-7777-4833);
Shchipakin M. V. — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-2960-3222).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

* 9167539564@mail.ru.

ABSTRACT. *The sable of the black Pushkin breed is a typical representative of the marten family, possessing a number of morphofunctional adaptations due to the predatory type of diet and environmental features. Fur farming remains an important branch of domestic animal husbandry, and the growing interest in intensive breeding of this species necessitates an in-depth study of the morphological features of its internal organs*

and vascular system. The importance of the digestive process in animals cannot be overestimated, since it provides the body with the necessary plastic and energy resources through a complex chain of hydrolytic, motor-evacuation and absorption mechanisms. The aim of the study was to study the ways of forming branches of the cranial mesenteric artery and to provide detailed morphotopic and morphometric characteristics of intestinal arteries in this species of fur–bearing animals. The analysis of the presented morphometric data on the age-related features of the course and branching of the cranial mesenteric artery in male and female sables of the black Pushkin breed makes it possible to identify clear patterns of growth of all the studied structures with age, as well as minor sex differences. The revealed age-related dynamics of vascular diameter is biologically appropriate and is associated with an increase in metabolic needs, intestinal volume and the completion of the structural formation of its bloodstream. It was found that the cranial mesenteric artery departs from the abdominal aorta at the level of the second and third lumbar vertebrae. From the cranial mesenteric artery sequentially depart: the caudal pancreatic-duodenal artery, the common trunk of the right colon, middle colon and iliac-colon arteries, as well as eight to twelve arteries of the jejunum. The final branch is the ileo-intestinal artery, anastomosing with the ileo-colon artery. Changes in the main and dichotomous type of vascular branching in the jejunum wall are described. The features of vascularization of the ileum-colon transition zone due to the absence of a cecum in representatives of the marten family are noted.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анатомо-топографические особенности строения толстой кишки кролика породы немецкий великан / М. В. Щипакин, А. В. Прусаков, Н. В. Зеленевский [и др.] // Иппология и ветеринария. — 2017. — № 4(26). — С. 92—95. EDN YKWHRS.

2. Былинская, Д. С. Непарные висцеральные ветви брюшной аорты кошки домашней по данным вазорентгенографии / Д. С. Былинская, М. В. Щипакин, В. А. Хватов // Иппология и ветеринария. — 2022. — № 1(43). — С. 112—121. EDN VORXCX.

3. Полянская, А. И. Вазорентгенография желудка у однодневных поросят породы йоркшир / А. И. Полянская, М. В. Щипакин // Реализация приоритетных программ развития АПК : Сборник научных трудов по итогам X Международной научно—практической конференции, посвященная памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Бориса Хажмуратовича Жерукова, Нальчик, 24—26 ноября 2022 года. Том Часть I. — Нальчик: ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», 2022. — С. 222—224. EDN YPVMTK.

4. Лемещенко В. В. Особенности клинической морфологии висцеральных и иммунных органов новорожденных животных / В. В. Лемещенко, Б. В. Криштофорова // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2018. — Т. 54. — № 4. — С. 180—183.

5. Анализ хирургической терапии кишечной непроходимости / О. А. Балабанова, К. А. Сидорова, Е. Н. Маслова, М. В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. — 2022. — № 3. — С. 269—272. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.3.269. EDN ZLZDPG.

6. Асланов, В. С. Гистологическая характеристика стенки тощей кишки овец эдильбаевской породы / В. С. Асланов, Н. В. Зеленевский // Международный вестник ветеринарии. — 2021. — № 4. — С. 157—160. DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.157. EDN VKASXY.

7. Мартюшева, П. Н. Морфологические особенности желудочно-кишечного тракта эмбриона теленка / П. Н. Мартюшева, С. А. Веремеева // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 01 марта 2023 года. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. — С. 36—42. EDN ONBRAA.

8. Веремеева, С. А. Морфологические особенности

REFERENCES

1. Anatomical and topographic features of the colon structure of a German giant rabbit / M. V. Shchipakin, A.V. Prusakov, N. V. Zelenevsky [et al.] / / Hippology and veterinary medicine. — 2017. — № 4(26). — P. 92—95. EDN YKWHRS.

2. Bylinskaya, D. S. unpaired visceral branches of the abdominal aorta of a domestic cat according to vasorentgenography / D. S. Bylinskaya, M. V. Shchipakin, V. A. Khvatov // Hippology and veterinary medicine. — 2022. — № 1(43). — P. 112—121. EDN VORXCX.

3. Polyanskaya, A. I. vasorentgenography of the stomach in one-day-old Yorkshire piglets / A. I. Polyanskaya, M. V. Shchipakin // Implementation of priority programs for the development of agriculture: a collection of scientific papers based on the results of the X International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation I. I. Polyansky. KBR, Professor Boris Khazhmuratovich Zherukov, Nalchik, November 24—26, 2022. Volume I. — Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov, 2022. — P. 222—224. EDN YPVMTK.

4. Lemeshchenko V. V. Features of the clinical morphology of visceral and immune organs of newborn animals / V. V. Lemeshchenko, B. V. Krishtoforova // Scientific notes of the Vitebsk Educational Institution of the Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2018. — Vol. 54. — No. 4. — P. 180—183.

5. Analysis of surgical therapy of intestinal obstruction / O. A. Balabanova, K. A. Sidorova, E. N. Maslova, M. V. Shchipakin // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2022. — No. 3. — pp. 269—272. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.3.269. EDN ZLZDPG.

6. Aslanov, V. S. histological characteristics of the jejunum wall of sheep of the Edilbaev breed / V. S. Aslanov, N. V. Zelenevsky // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2021. — No. 4. — pp. 157—160. DOI 10.52419/issn2072-2419.2021.4.157. EDN VKASXY.

7. Martyusheva, P. N. morphological features of the gastrointestinal tract of the calf embryo / P. N. Martyusheva, S. A. Veremeeva // Achievements of youth science for the agro-industrial complex: collection of the LVI scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 01, 2023. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2023, P. 36—42. EDN ONBRAA.

8. Veremeeva, S. A. morphological features of the

пищеварительной системы енота-полоскуна / С. А. Веремеева, Е. П. Краснолобова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 6. — С. 54—59. EDN BYRKGO.

9. Аникиенко, И. В. Практическое использование результатов исследования сосудистой системы Байкальской нерпы в ветеринарной медицине / И. В. Аникиенко, Н. И. Рядинская // Вестник Курской государственной с.-х. академии. — 2025. — № 6. — С. 136—142. EDN WROSQP.

10. Архитектоника кровеносных сосудов дуги аорты, чревной и надпочечниковых артерий байкальской нерпы / Н. И. Рядинская, И. В. Аникиенко, А. А. Молькова [и др.] // Морфология. — 2020. — Т. 158, № 4—5. — С. 53—59. DOI 10.34922/AE.2020.158.4.008. EDN NLSQAX.

digestive system of the striped fish / S. A. Veremeeva, E. P. Krasnolobova / / Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy, 2021, No. 6, P. 54—59. EDN BYRKGO.

9. Zkienko, I. V. practical use of the results of the study of the vascular system of the Baikal seal in veterinary medicine / I. V. Zkienko, N. I. Ryadinskaya // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. — 2025. — No. 6. — P. 136—142. EDN WROSQP.

10. Ryadinskaya, I. v.Evkienko, A. A. Molkova [et al.] / / Morphology of blood vessels of the aortic arch, celiac and adrenal arteries of the Baikal seal. — 2020. — Vol. 158, No. 4—5. — P. 53—59. DOI 10.34922/AE.2020.158.4.008. EDN NLSQAX.

УДК: 619:611.013.85:636.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.205

МОРФОЛОГИЯ ПЛОДНОЙ ЧАСТИ ПЛАЦЕНТЫ СВИНЕЙ

Саенко Н. В.[1]* — канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. анатомии и физиологии животных (ORCID 0000-0002-6495-2700); **Саенко П. С.**[2] — студент (ORCID 0009-0003-3504-7837).

[1]Институт «Агротехнологическая академия».

[2]Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский Институт им. С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

* nvsaenko@list.ru.

Ключевые слова: *плодная часть плаценты, свиньи, морфология, новорожденные поросята, пренатальное развитие, жизнеспособность, сохранность.*

Key words: *fetal part of the placenta, pigs, morphology, newborn piglets, prenatal development, viability, safety.*

Поступила в редакцию / Received: 12.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Основной задачей в повышении продуктивности отрасли свиноводства является получение здорового потомства и его сохранность. Для решения поставленных задач особое внимание следует уделить роли плаценты в обеспечении полной реализации генетического потенциала новорожденных животных. В статье представлены результаты исследований структурно-функциональных особенностей плодной части плаценты свиньи домашней, определяющих жизнеспособность неонатальных поросят. Объектом исследований являлись плодные части плацент свиней и новорожденные поросята. Использовали комплекс морфологических, клинических и зоотехнических методик. Совокупная плодная часть плаценты свиноматки состоит из индивидуальных плодных частей плацент для каждого плода. В одном помете у свиноматок рождаются несколько поросят с различным морфофункциональным статусом организма и жизнеспособностью. Масса и площадь индивидуальных плодных частей плаценты коррелируют с массой новорожденного поросенка, как и длиной пупочного канатика. Плодные части плаценты, имеющие хорошо развитый складчатый хорион, покрытый множеством ворсин, собранных узелками, розово-красный, без признаков значительных сосудистых застойных явлений, максимальные параметры массы и площади (288,67±10,26 г и 584,05±42,50 см^2, соответственно), наименьшую длину пуповины (3,88±0,70 см) обусловливают рождение поросят, сохранность которых к отъему достигает 100 %. Плодные части плацент, в которых выявляются застойные сосудистые явления, инфаркты хориальной поверхности, множественные безворсинчатые участки на хорионе, а также наименьшие макроморфологические параметры, но наибольшая длина пуповины обусловливают рождение пренатально недоразвитых поросят. Такие новорожденные имеют живой вес, не превышающий 614,44±30,96 г, длину туловища 24,00±1,00 см, реализуют пищевую доминанту только через 20,89±0,72 минуты, а локомоторную — 12,22±0,57 минуты после рождения.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Интенсификация промышленного производства продукции животного происхождения приводит к негативному влиянию на экосистему, что проявляется рождением пренатально недоразвитого потомства, сокращением продолжительности хозяйственного использования и биологической жизни животных [3, 5, 6]. Известно, что сохранность поросят к отъему снижается на 7—20 % от общего количества новорожденных. Поэтому основной задачей в повышении продуктивности отрасли свиноводства является получение здорового потомства и его сохранность. Для решения поставленных задач особое внимание следует уделить роли провизорных органов в обеспечении полной реализации генетического потенциала новорожденных животных [1, 5, 7, 14]. Плацента, как специфическая тканевая структура, формирующаяся на период пренатального развития плода, обеспечивает его полноценный рост и развитие [2—6, 8—14]. Несмотря на обширные знания об общей физиологии плаценты, остаются недостаточно изученными конкретные количественные и качественные структурные маркеры, коррелирующие с массой и жизнеспособностью плода. Высокая вариабельность массы тела поросят при рождении внутри одного помёта является следствием неравномерного распределения плацентарных ресурсов. Исследование особенностей плодной части плаценты, обслуживающей каждого конкретного плода, необходимо для понимания механизмов, лежащих в основе внутриутробной конкуренции, и разработки стратегий по её нивелированию.

Цель данных исследований — установить структурно-функциональные особенности плодной части плаценты свиньи домашней, определяющих жизнеспособность неонатальных поросят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования проводились в условиях ООО «Борис-Агро» Красногвардейского

района Республики Крым и кафедре анатомии и физиологии животных Института «Агротехнологическая академия» «КФУ им. В. И. Вернадского». Объект исследований — плодные части плацент свиней и новорожденные поросята. У свиноматок учитывали возраст, количество опоросов, живую массу. Плаценту отбирали в процессе родов, отмечая особенности отделения индивидуальных плодных частей и проводили скрупулезное органометрическое исследование. Начинали с визуальной оценки, учитывая форму, целостность, окраску с детской и материнской поверхностей плаценты, степень наполнения и состояние кровеносных сосудов, особенности их ветвления, наличие тромбозов, наложений, гематом, кальцинатов, некроза. Пальпацией оценивали консистенцию. Определяли массу с точностью до 0,01 г. Измеряли длину пупочного канатика мерной лентой или линейкой, толщину плаценты в разных ее участках с использованием штангенциркуля. Площадь индивидуальных плодных частей плаценты вычисляли планиметрически при помощи миллиметровой бумаги с учетом количества квадратов, покрывающих ее. Для визуальной оценки и подсчета ворсин хориона использовали лупу и палетку с квадратным отверстием размером 1 см^2. Отбирали материал для гистологических исследований из разных участков плодной части плаценты, как правило, из центральной части, боковых частей и пуповины размером 1,5 см^2, захватывая все слои плодной оболочки. Образцы тканей помещали в 5 % водный раствор формалина на 7 суток, затем переносили в 10 % водный раствор формалина, в котором и хранили. Окрашивали общепринятой методикой гематоксилином и эозином. Микроморфологические исследования гистотопрограмм проводили при помощи светооптического микроскопа.

У новорожденных поросят определяли живой вес, рассчитывая плодово-плацентарный коэффициент (соотношение веса поросенка и плодной части плаценты), длину туловища, степень и время реализации безусловных рефлексов.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. С наступлением родов у свиноматок из родовых путей вначале появляется поросенок, затем провизорные его органы, причем плодная часть плаценты у свиней выделяется чаще всего амнионом наружу. Сразу после отделения плаценты приступали к исследованию.

Совокупная плодная часть плаценты свиноматки состоит из индивидуальных плодных частей плацент для каждого плода. Форму индивидуальных плодных частей плацент определяют, как вид вытянутого мешка с суживающимися концами, объемом (по вытесненной воде в мерном сосуде) около 328,40±12,20 мл.

Масса и площадь индивидуальных плодных частей плаценты коррелируют с массой новорожденного поросенка, как и длиной пупочного канатика. В одном помете у свиноматок рождаются несколько поросят с различным морфофункциональным статусом организма и жизнеспособностью.

Во время опороса свиноматки первыми рождаются поросята, расположенные на границе с шейкой матки. Как правило такие новорожденные являются самыми крупными в помете и проявляют высокую жизнеспособность. Масса их отдельных частей плацент также наибольшая и варьирует в пределах 286,67±9,34 г. Площадь достигает 578,16±38,50 см^2, а длина пуповины в плацентах таких поросят наименьшая, всего от 2 до 6 см (4,30±0,45 см).

Плодная часть плаценты поросят, рождающихся первыми, имеет стандартную форму вытянутого мешка, сужающегося к концам, цвет которого со стороны хориона розово-красный. Хорион складчатый, покрыт множеством ворсин, собранных узелками, причем более крупные располагаются вдоль ветвления крупных сосудов пупочного канатика и основных сосудистых магистралей, постепенно уменьшаясь к концам (рис. 1, 2). Цвет плодной части плаценты с плодовой поверхности розово—красный, поверхность — блестящая. Вся поверхность хориона покрыта ворсинами. Соотношение веса плода и плодной части плаценты составляет 5,2.

Рисунок 1 *— Индивидуальная плодная часть плаценты поросят, родившихся первыми, со стороны материнской поверхности: 1 — складки и ворсинки.*

Figure 1 *— Individual fetal part of the placenta of first-born piglets, from the maternal surface: 1 — folds and villi.*

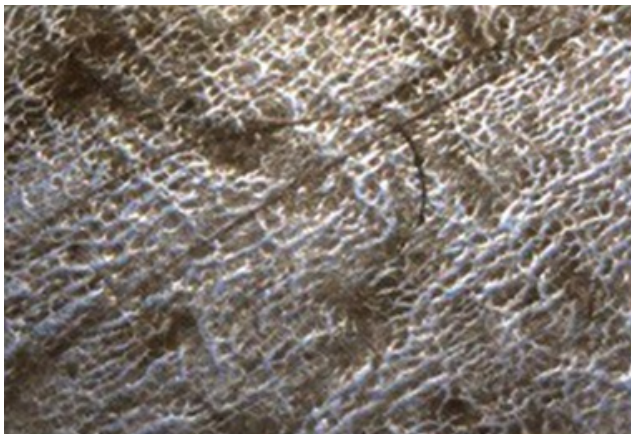


Рисунок 2 *— Материнская поверхность плодной части плаценты поросят, родившихся первыми: 1 — складки и ворсинки.*

Figure 2 *— Maternal surface of the fetal part of the placenta of first-born piglets: 1 — folds and villi.*

Поросята, появляющиеся при рождении первыми, имеют соответствующий живой вес и длину туловища (1494,40±88,37 г и 29,33±2,08 см). Они проявляют высокую жизнеспособность, локомоторный рефлекс, направленный на поиск сосков матери, реализуют через 2 минуты после рождения, а сосательный — через 1—2 мин.

Поросята, которые рождаются третьими или четвертыми, имеют массу индивидуальных плодных частей плацент на 5—10 % меньше, а площадь на 10—20 % ниже, чем у поросят, рождающихся первыми. Материнская поверхность индивидуальных плодных частей плацент поросят имеет темно-красную окраску и мелкодольчатое строение, сформированное скоплением узелков ворсин. Плодная поверхность розово-красная и блестящая. Длина пупочного канатика, связывающего поросенка с плодной частью плаценты достигает 10—15 см. Безворсинчатых участков на хорионе визуально не выявляется. Плодово-плацентарный коэффициент — 4,2.

Живая масса таких поросят колеблется от 800 г до 1000 г, иногда больше в зависимости от общего количества поросят в помете. Параметры жизнеспособности практические такие же, как и у поросят, рождающихся первыми и проявляющими высокую жизнеспособность. Соответственно длина туловища составляет 27,35±3,09 см, реализация доминанты стояния регистрируется в течение 2 минут, а пищевой доминанты уже через 1—2 минуты. Сохранность таких новорожденных максимальна — 100 %.

При расположении поросят ближе к концам рогов матки происходит постепенное уменьшение параметров их провизорных органов и увеличение длины пуповины. Также проявляется снижение их жизнеспособности. Поросята, которые рождаются пятыми и шестыми, имеют еще меньшую массу индивидуальной плодной части плаценты и площади на 27 % и 40 % (0,19—0,20 кг и 630—515 см^2) и большую длину пуповины до 12—20 см.

Такая же тенденция отмечается и в живом весе этих новорожденных, который в среднем составляет 883,33±73,71 г и длине туловища (26,33±0,58 см). Фиксация соска матери этими поросятами происходит через 9,40 минут, а подъем на конечности, необходимый для реализации пищевой доминанты через 6,80 минут. Соответственно соотношение живого веса плода и массы плаценты уменьшается до 3,6. А сохранность достигает только 83,03±11,08 %.

Как правило, последние поросята, полученные при опоросе у свиноматки, проявляют самую низкую жизнеспособность. Масса индивидуальных плодных частей плацент таких новорожденных уменьшается (189,33±4,38 г) на 35 % по сравнению с рождающимися первыми. Площадь же меньше на 74 % и составляет 295,67±53,68 см^2. Длина пуповины достигает 28,44±3,08 см (15—38 см). В плодных частях плацент таких поросят регистрировали застойные сосудистые явления, которые проявлялись в наличии кровоизлияний, инфарктов хориальной поверхности и, в целом, багрово-красным цветом материнской поверхности (рис. 3, 4). Имеются безворсинчатые участки на хорионе. Плодово-плацентарный коэффициент составляет 3,2, что ниже среднего показателя.

Поросята, проявляющие клинические признаки значительной внутриутробной недоразвитости имели вес, не превышающий 614,44±30,96 г, а длину туловища 24,00±1,00 см. Реализация безусловных рефлексов у них значительно запаздывала. Так, они смогли реализовать пищевую доминанту только через 20,89±0,72 минуты, а локомоторную через 12,22±0,57 минуты после рождения. Такие пренатально недоразвитые поросята, как правило, погибают на первые-вторые сутки жизни или их выбраковывают после рождения как нежизнеспособных. Из патологических изменений в плодной части плаценты свиней мы регистрировали наличие, как правило, в концах рогов матки мумифицированных

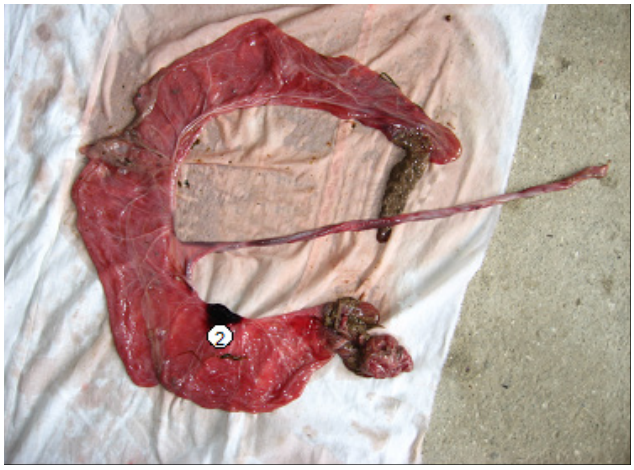


***Рисунок 3** — Индивидуальная плодная часть плаценты поросят, проявляющих низкую жизнеспособность, родившихся последними:1 — участок кровоизлияния.*

***Figure 3** — Individual fetal portion of the placenta of piglets exhibiting low viability, born last: 1 — hemorrhage site.*

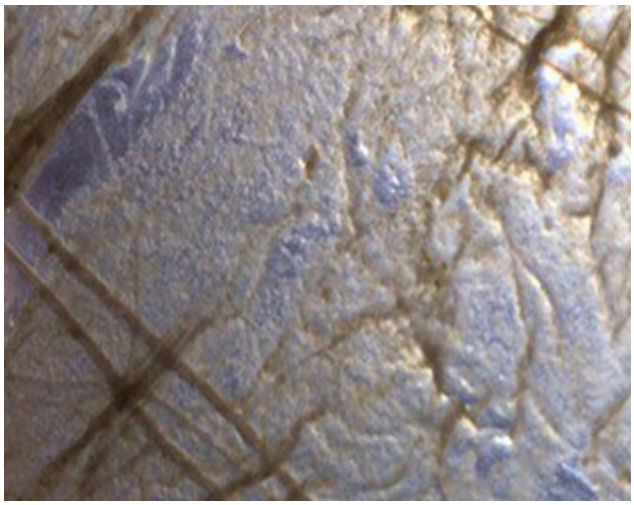


***Рисунок 4** — Материнская поверхность плодной части плаценты поросят, родившихся последними: 1 — складки и ворсинки.*

***Figure 4** — Maternal surface of the fetal part of the placenta of the last-born piglets: 1 – folds and villi.*

плодов. Имеются безворсинчатые участки на хорионе. Плодово-плацентарный коэффициент составляет 3,2, что ниже среднего показателя.

Масса всех плодных частей плацент родившихся поросят колеблется в пределах 2,91±0,06 кг (2,66—3,20 кг). Общая площадь достигает 4393,55±224,33 см^2 (3220—5050 см^2). Площадь индивидуальных плодных частей плацент увеличивается благодаря наличию складок. Размеры индивидуальных плодных частей плацент колеблются по длине от 43 до 50 см, по ширине — от 8 до 12 см. Измерение толщины плодных оболочек показали, что она максимальна в центральной части в месте формирования пуповины (2,72±0,49 см), а минимальна в краевых частях (0,90±0,20 см). Средний показатель плодово— плацентарного коэффициента — 3,6. Живая масса родившихся поросят в среднем составляет 1050,00±118,32 г. Количество поросят в гнезде было от 8 до 12 голов.

Пупочные канатики каждого плода имеют форму прямого эластичного шнура диаметром около 0,40—0,70 см и длиной до 46 см, которая зависит от локализации плода в матке. В центральной части рогов матки длина пуповины поросенка достигает всего 2—6 см, а в конце рога — уже 46 см. Длина пуповины возможно является одним из факторов, обусловливающих определенную задержку роста и развития плода, связанных со временем на доставку питательных веществ плода.

Пупочный канатик формируется из тканей плодных оболочек в центральной его части, при этом тип ветвления сосудов рассыпной. В области проникновения пупочного канатика в пупочное кольцо плода в нем проходят только пупочная вена и две пупочные артерии, окруженные соединительной тканью с наличием большого количества основного вещества.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Плодная часть плаценты, как провизорный орган плода, характеризует особенности его внутриутробного развития и обусловливает степень пренатального развития, дальнейшую жизнеспособность. Масса и площадь индивидуальных плодных частей плаценты коррелируют с массой новорожденного поросенка, как и длиной пупочного канатика. Их максимальные параметры обусловливают рождение поросят, сохранность которых к отъему достигает 100 %. Плодные части плацент, в которых выявляются застойные сосудистые явления, инфаркты хориальной поверхности, множественные безворсинчатые участки на хорионе, а также наименьшие макроморфологические параметры, но наибольшая длина пуповины обусловливают рождение пренатально недоразвитых поросят.

MORPHOLOGY OF THE FETAL PART OF THE PLACENTA IN PIGS

Saenko N. V. * — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Animal Anatomy and Physiology (ORCID 0000-0002-6495-2700); **Saenko P. S.** — student.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

*nvsaenko@list.ru.

ABSTRACT. *The primary objective in increasing pig farming productivity is to produce healthy offspring and ensure their safety. To achieve this, particular attention should be paid to the role of the placenta in ensuring the full realization of the genetic potential of newborn animals. This article presents the results of a study of the structural and functional characteristics of the fetal portion of the domestic pig placenta, which determine the viability of neonatal piglets. The study focused on the fetal portions of pig placentas and newborn piglets. A combination of morphological, clinical, and zootechnical methods was used. The total fetal portion of the sow's placenta consists of individual fetal portions of the placentas for each fetus. In a single litter, sows give birth to several piglets with different morphofunctional statuses and viability. The weight and area of individual fetal portions of the placenta correlate with the weight of the newborn piglet, as well as the length of the umbilical cord. The fetal parts of the placenta with a well-developed folded chorion covered with numerous villi collected in nodules, pink-red, without signs of significant vascular congestion, maximum parameters of weight and area (288,67±10,26 g and 584,05±42,50 cm^2, respectively), the shortest umbilical cord length (3,88±0,70 cm) determine the birth of piglets, the survival rate of which at weaning reaches 100 %. The fetal parts of the placentas in which congestive vascular phenomena, infarctions of the chorionic surface, multiple avilable areas on the chorion are detected, as well as the smallest macromorphological parameters, but the greatest umbilical cord length determine the birth of prenatally underdeveloped piglets. Such newborns have a live weight not exceeding 614,44±30,96 g, a body length of 24,00±1,00 cm, and realize the food dominant only after 20,89±0,72 minutes, and the locomotor dominant — 12,22±0,57 minutes after birth.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аршавский, И. А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития: основы негэнтропийной теории онтогенеза / И. А. Аршавский; АН СССР, Институт эволюции, биологии и биохимии. — М.: Наука, 1982.

REFERENCES

1. Arshavsky, I. A. Physiological mechanisms and patterns of individual development: Fundamentals of the negentropic theory of ontogenesis / I. A. Arshavsky; USSR Academy of Sciences, Institute of Evolution, Biology and Biochemistry. — Moscow: Nauka, 1982.

2. Баринова, И. В. Особенности морфологической и пространственной структуры плаценты при антенатальной гипоксии плода / И. В. Баринова, С. В. Савельев, Ю. Б. Котов // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. — 2015. — № 1. — С. 25—31.

3. Биологические основы ветеринарной неонатологии: монография / Х. Б. Баймишев, Б. В. Криштофорова, В. В. Лемещенко [и др.]. — Самара: РИЦ СГСХА, 2013. — 452 с.

4. Дроздова, Л. И. Патоморфология плацентарного барьера животных: монография / Л. И. Дроздова; М—во сельского хоз—ва Российской Федерации; ФГОУ ВПО «Уральская гос. с.—х. акад.». — Екатеринбург: УрГСХА, 2011. — 245 с.

5. Криштофорова, Б. В. Провизорные органы и жизнеспособность новорожденных животных: монография / Б. В. Криштофорова, Н. В. Саенко. — Санкт-Петербург: Изд-во «Лань», 2018. — 404 с.

6. Егунова, А. В. Гистометрическая характеристика поросят и их плацент при фетоплацентарной недостаточности у свиноматок: автореф. дис. канд. биол. наук. — Саратов, 1997. — 26 с.

7. Лемещенко В. В. 2025. Транзиторный параорганизменный уровень структурной организации как механизм формирования новых признаков в иерархии животного мира. PREPRINTS.RU.

8. Морфогенез плаценты у молочных коров при беременности, осложненной гестозом / С. А. Приходько, П. В. Родин, В. С. Авдеенко, К. В. Племешов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. — 2020. — № 1. — С. 117—121. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.1.117. EDN QBWOUC.

9. Онищенко, А. Р. Критерии оценки и прогнозирования жизнеспособности новорожденных животных / А. Р. Онищенко // Достижения молодых ученых в области ветеринарии и ветеринарно-санитарной экспертизы: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. (Ставрополь, 17—18 февраля 2022 г.). — Ставрополь, 2022. — С. 26—29.

10. Оценка антигенной нагрузки свиноматок во время беременности и выявления признаков изоиммунизации у полученного потомства / А. В. Агарков, А. Ф. Дмитриев [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. — 2020. — № 3. — С. 95—99. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.3.95. EDN UAQWCL.

11. Оценка состояния фетоплацентарной системы и ее влияние на состояние новорожденных у молочных коз / А. С. Баркова, Е. С. Ерошенко, Н. Н. Семенова, А. А. Лазарева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. — 2020. — № 1. — С. 126—128. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.1.126. EDN AIVPES.

12. Сиразиев Р. З. Морфофункциональные изменения в матке и плаценте свиней / Р. З. Сиразиев // Вклад молодых ученых и специалистов в научно-технический прогресс в с. х. производстве: тез. докл. межвуз. науч. конф. — Фрунзе, 1990. — Ч. 2. — С. 86—88.

13. Bidarimath, M. Pregnancy and spontaneous fetal loss: A pig perspective / M. Bidarimath, C. Tayade // Mol. Reprod. Dev. — 2017. — Vol. 84, № 9. — P. 856— 869.

14. Morphometric characteristic of the system «mother—placenta-fetus-newborn» at gestosis of pregnant sows / V. Avdeenko, A. Rykhlov, S. Tresnitskii [et al.] // Bulletin of Science and Practice. — 2018. — Vol. 4, No. 3. — P. 87—93. DOI 10.5281/zenodo.1198088. EDN YSOPKF.

2. Barinova, I. V. Features of the morphological and spatial structure of the placenta in antenatal fetal hypoxia / I. V. Barinova, S. V. Savelyev, Yu. B. Kotov // Russian Medical and Biological Bulletin named after Academician I. P. Pavlov. — 2015. — No. 1. — P. 25—31.

3. Biological foundations of veterinary neonatology: monograph / Kh. B. Baimishev, B. V. Kristoforova, V. V. Lemeshchenko [et al.]. — Samara: RIC SSHA, 2013. — 452 p.

4. Drozdova, L. I. Pathomorphology of the placental barrier in animals: monograph / L. I. Drozdova; Ministry of Agr. of the Russia ; Federal State Educational Institution of Higher Prof. Education «Ural State Agricultural Academy». — Ekaterinburg: Ural State Agr. Academy, 2011. — 245 p.

5. Kristoforova, B. V. Provisional organs and viability of newborn animals: monograph / B. V. Kristoforova, N. V. Saenko. — St. Petersburg: Lan Publishing House, 2018. — 404 p.

6. Egunova, A. V. Histometric characteristics of piglets and their placentas in fetoplacental insufficiency in sows. Abstract of a PhD (Biol. Sci.) thesis. — Saratov, 1997. — 26 p.

7. Lemeshchenko, V. V. 2025. Transient paraorganismal level of structural organization as a mechanism for the formation of new traits in the hierarchy of the animal world. PREPRINTS.RU.

8. Placental morphogenesis in dairy cows during pregnancy complicated by gestosis / S. A. Prikhodko, P. V. Rodin, V. S. Avdeenko, K. V. Plemeshov // Issues of legal regulation in veterinary medicine. — 2020. — No. 1. — Pp. 117—121. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.1.117. EDN QBWOUC.

9. Onishchenko, A. R. Criteria for assessing and predicting the viability of newborn animals / A. R. Onishchenko // Achievements of young scientists in the field of veterinary medicine and veterinary-sanitary examination: collection of works of the All-Russian scientific and pract. conf. (Stavropol, February 17—18, 2022). — Stavropol, 2022. — P. 26—29.

10. Evaluation of the antigen load of sows during pregnancy and detection of signs of isoimmunization in the resulting offspring / A. V. Agarkov, A. F. Dmitriev, A. N. Kvochko [et al.] // Issues of legal regulation in veterinary medicine. — 2020. — No. 3. — P. 95—99. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.3.95. EDN UAQWCL.

11. Assessment of the state of the fetoplacental system and its impact on the condition of newborns in dairy goats / A. S. Barkova, E. S. Eroshenko, N. N. Semenova, A. A. Lazareva // Issues of legal regulation in veterinary medicine. — 2020. — No. 1. — P. 126—128. DOI 10.17238/issn2072-6023.2020.1.126. EDN AIVPES.

12. Siraziyev R. Z. Morphofunctional changes in the uterus and placenta of pigs / R. Z. Siraziyev // Contribution of young scientists and specialists to scientific and techn. progress in agr. production: Abstract of the report of the interuniversity sci. conf. — Frunze, 1990. — Part 2. — P. 86—88.

13. Bidarimath, M. Pregnancy and spontaneous fetal loss: A pig perspective / M. Bidarimath, C. Tayade // Mol. Reprod. Dev. — 2017. — Vol. 84, № 9. — P. 856— 869.

14. Morphometric characteristic of the system «mother—placenta-fetus-newborn» at gestosis of pregnant sows / V. Avdeenko, A. Rykhlov, S. Tresnitskii [et al.] // Bulletin of Science and Practice. — 2018. — Vol. 4, No. 3. — P. 87—93. DOI 10.5281/zenodo.1198088. EDN YSOPKF.

УДК: 639.331.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.210

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭРИТРОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ МАТОЧНОГО ПОГОЛОВЬЯ КАРПА (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ ЖИРОВОЙ ДИСТРОФИИ ПЕЧЕНИ

Семенова Е. В.[1]* — асп., мл. науч. сотр. лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики (ORCID 0000-0003-3675-5467); **Мармурова О. М.**[2] – канд. с.-х. наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии (ORCID 0000-0002-1726-3769), **Михайлов Е. В.**[1,2] — канд. ветеринар. наук, вед. науч. сотр., заведующий отделом экспериментальной фармакологии и функционирования живых систем, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии (ORCID ID 000-0001-54-57-1325).

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт патологии, фармакологии и терапии».

[2]ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный аграрный университет им Петра I».

*elenasemyonova5@gmail.com.

Ключевые слова: *карп обыкновенный, Cyprinus carpio, жировая дистрофия печени, периферическая кровь, морфометрия эритроцитов.*

Key words: *common carp, Cyprinus carpio, fatty liver dystrophy, peripheral blood, erythrocyte morphometry.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Метаболические патологии печени все чаще регистрируются у маточного поголовья карпа в условиях интенсивного прудового рыбоводства, однако объективные прижизненные критерии их диагностики до настоящего времени не разработаны. Целью настоящей работы являлась количественная оценка морфометрических параметров эритроцитов периферической крови у самок карпа обыкновенного (Cyprinus carpio) с верифицированной жировой дистрофией печени и сопоставление полученных характеристик с показателями клинически здоровых особей. Исследования проводились на базе лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и моделирования живых систем ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии». Полевые исследования и отбор материала осуществлялся на базе ООО «Зазеркалье» Аннинского района, Воронежской области в 2024—2025 годах. Сформированы две экспериментальные группы: опытная группа (n=50) — особи с подтвержденной жировой дистрофией печени и контрольная группа (n=50) — клинически здоровые особи без признаков патологии печени. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ для статистического анализа. Предварительно осуществляли проверку нормальности распределения количественных признаков с применением критерия Шапиро-Уилка. Поскольку часть морфометрических показателей не соответствовала закону нормального распределения, результаты представляли в виде среднего арифметического значения (M) ± стандартная ошибка среднего (m). Достоверность межгрупповых различий оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$. На мазках, окрашенных по Паппенгейму, установлено, что у рыб с поражением печени утрачивается морфологическая однородность красной крови. Сочетание анизоцитоза, цитоплазматической вакуолизации и ядерных деформаций формирует устойчивый морфологический паттерн, патогенетически связанный с дистрофическими изменениями в гепатоцитах. Полученные результаты обосновывают перспективность включения морфометрии периферической крови в систему прижизненной диагностики метаболических гепатопатий маточного поголовья карпа в условиях товарных хозяйств.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Современное прудовое рыбоводство развивается в условиях нарастающей интенсификации производства, и одним из побочных результатов этого процесса становится увеличение распространенности незаразных патологий обменного характера. Среди них жировая дистрофия печени занимает особое место как заболевание, длительно протекающее в скрытой форме и в то же время, непосредственно влияющее на продуктивные и репродуктивные качества рыб [6]. Переход отрасли на высококонцентрированные комбикорма с нередко несбалансированным липидным составом, повышенная плотность посадки и ограниченная двигательная активность формируют устойчивый метаболический фон, предрасполагающий к избыточному накоплению липидов в гепатоцитах [1].

Особую значимость проблема приобретает в отношении маточного поголовья карпа. Печень половозрелых самок несет двойную нагрузку.

Она выполняет функции центрального метаболического органа и одновременно участвует в синтезе желточных белков в период вителлогенеза [7]. Развитие дистрофического процесса в этом органе закономерно сказывается на жизнеспособности самой рыбы. Так же сказывается и на качестве икры, а значит — на воспроизводстве всего стада и экономической эффективности хозяйства в целом [14].

Диагностика гепатической патологии у рыб традиционно опирается на макроскопическую оценку при вскрытии, а также гистологическое исследование. Однако они по определению неприменимы к прижизненному мониторингу [4]. Биохимические маркеры несут ценную информацию, однако требуют специализированного лабораторного оснащения и сопряжены с существенными затратами при массовом обследовании поголовья [2]. В этом контексте морфологический анализ периферической крови представляет собой привлекательную альтернативу. Метод относительно прост, воспроизводим, требует минимального объема биоматериала и не предполагает гибели животного [21].

Патофизиологическая связь между состоянием печени и качеством эритроцитов у рыб имеет вполне определенное обоснование. Печень синтезирует липидные компоненты клеточных мембран, обеспечивает детоксикацию метаболитов. Данный орган также является источником ряда регуляторных факторов, влияющих на эритропоэз [13]. При хроническом поражении печени закономерно ожидать нарушения морфологической стабильности красного ростка кроветворения [9]. Тем не менее количественные морфометрические характеристики этого процесса у карпа с жировой дистрофией печени практически не изучены. Большинство опубликованных работ, посвященных гематологии карпа, ограничивается описательной морфологией [11]. В некоторых также рассматривается реакция крови на инфекционные агенты и токсическую нагрузку, оставляя в стороне специфику эритроидных изменений при метаболической гепатопатии [16].

Настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела. Его цель — установить морфометрические параметры эритроцитов периферической крови у маточного карпа с подтвержденной жировой дистрофией печени. Необходимо определить, в чем именно они отличаются от показателей клинически здоровых особей того же возраста и условий содержания. Полученные данные могут стать основой для разработки гематологических критериев ранней прижизненной диагностики данной патологии непосредственно в условиях рыбоводных хозяйств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования проводились на базе лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и моделирования живых систем ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии». Полевые исследования и отбор материала осуществлялся на базе ООО «Зазеркалье» Аннинского района, Воронежской области в 2024—2025 годах.

Объектом исследования служили особи маточного поголовья карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio, L.*, 1758) возрастом 6—8 лет со средней массой 3900 г., отобранные для выбраковки вследствие снижения репродуктивных показателей и находившееся вне периода активного вителлогенеза, что исключало влияние физиологического гепатического стеатоза, ассоциированного с репродуктивным циклом. Рыб содержали в производственных условиях. Кормление осуществляли репродукционным кормом PT-37/9 AGRO-FISHTM.

Предварительное формирование экспериментальных групп проводили на основании метода молекулярно-генетического анализа экспрессии гена липопротеинлипазы (LPL), разработанного Шабуниным С. В. и др. Если при расчете по формуле $2^{-\Delta\Delta ct}$ было получено значение ≥2,3, то рыба с вероятностью в 80% имела жировую дистрофию печени [10]. На основании полученных данных формировали две группы: особи с показателями экспрессии ниже указанного порога (контрольная группа) и особи с показателями экспрессии гена *LPL* выше указанного порога (опытная группа). Окончательную верификацию диагноза жировой дистрофии печени осуществляли посредством патологоанатомического вскрытия, гистологического и гистохимического исследования печени, результаты которого представлены в разделе «Результаты» (рисунок 1). Гистологические препараты готовили по стандартной методике с окраской гематоксилином Карраци и водно-спиртовым раствором эозина [20]. Гистохимическое исследование осуществляли с помощью замораживающего криостолика и специализированной окраски на липиды суданом III и шарлахом красным [3]. Манипуляции с рыбой проводили с соблюдением правил биоэтических рекомендаций, описанных в руководстве по уходу и использованию лабораторных животных [15].

Таким образом, были сформированы две экспериментальные группы: опытная группа (n=50) — особи с подтвержденной жировой дистрофией печени и контрольная группа (n=50) — клинически здоровые особи без признаков патологии печени.

Отбор периферической крови карпа обыкновенного производили по методике Петровой Э. А. из хвостовой вены в точке пересечения линии, идущей от заднего края анального плавника. В начале отделяли чешуи и обрабатывали место пункции 70 % раствором этилового спирта. Слизь удаляли с помощью ватного тампона. Сам отбор выполняли шприцом с инъекционной иглой, обработанными раствором этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА). После произведения прокола поршень шприца натягивали, медленно продвигая иглу под углом в 45° по направлению к голове до упора в позвоночный столб. Наклоненную иглу вращали до появления в канюле шприца крови, отбирали кровь, извлекали иглу и обрабатывали место пункции антисептиком [8].

Приготовленные мазки периферической крови окрашивались в соответствии со стандартной методикой [11]. После сушки в течение 4 мин мазки фиксировались в смеси Никифорова (1:1, метиловый спирт: диэтиловый эфир) при экспозиции в течение 2 минут, затем проводили окрашивание эозином метиленовым синим по Май-Грюнвальду в течение 4 минут. Далее препараты промывали и высушивали, после чего проводили доокрашивание азур-эозином по Романовскому-Гимзе в течение 10 минут. Полученные препараты вновь промывали в контейнерах с дистиллированной водой и высушивали в течение 30 минут [19].

Микроскопический анализ препаратов выполняли при помощи светового микроскопа с цифровой камерой при увеличении ×1000 с иммерсионным объективом. Для каждого препарата крови просматривалось не менее 50 полей зрения в монослойной зоне мазка, где клетки располагались изолированно и не подвергались деформации при растягивании капли крови. Цифровые изображения высокого разрешения сохраняли в формате TIFF и подвергали морфометрической обработке с использованием программного пакета для анализа изображений, позволяющего проводить калиброванные измерения линейных и площадных параметров клеточных структур.

Для каждой особи проводили измерение не менее 150 эритроцитов, выбранных случайным образом в различных участках мазка. Определяли следующие параметры: максимальный диаметр клетки и ядра, площадь цитоплазмы и ядра, на основании которых рассчитывали ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО) по формуле:

$$ЯЦО = \frac{S_{ядра}}{S_{цитоплазмы}}, \quad (1)$$

где $S_{ядра}$ и $S_{цитоплазмы}$ — площади соответствующих структур, выраженные в мкм².

Отдельно учитывали частоту встречаемости клеток с вакуолизацией цитоплазмы или ядра, а также измеряли диаметр наиболее крупных вакуолей в тех случаях, когда они могли быть четко идентифицированы [5, 14].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ для статистического анализа. Предварительно осуществляли проверку нормальности распределения количественных признаков с применением критерия Шапиро-Уилка. Поскольку часть морфометрических показателей не соответствовала закону нормального распределения, результаты представляли в виде среднего арифметического значения (M) ± стандартная ошибка среднего (m). Достоверность межгрупповых различий оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни для независимых выборок. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Предварительная

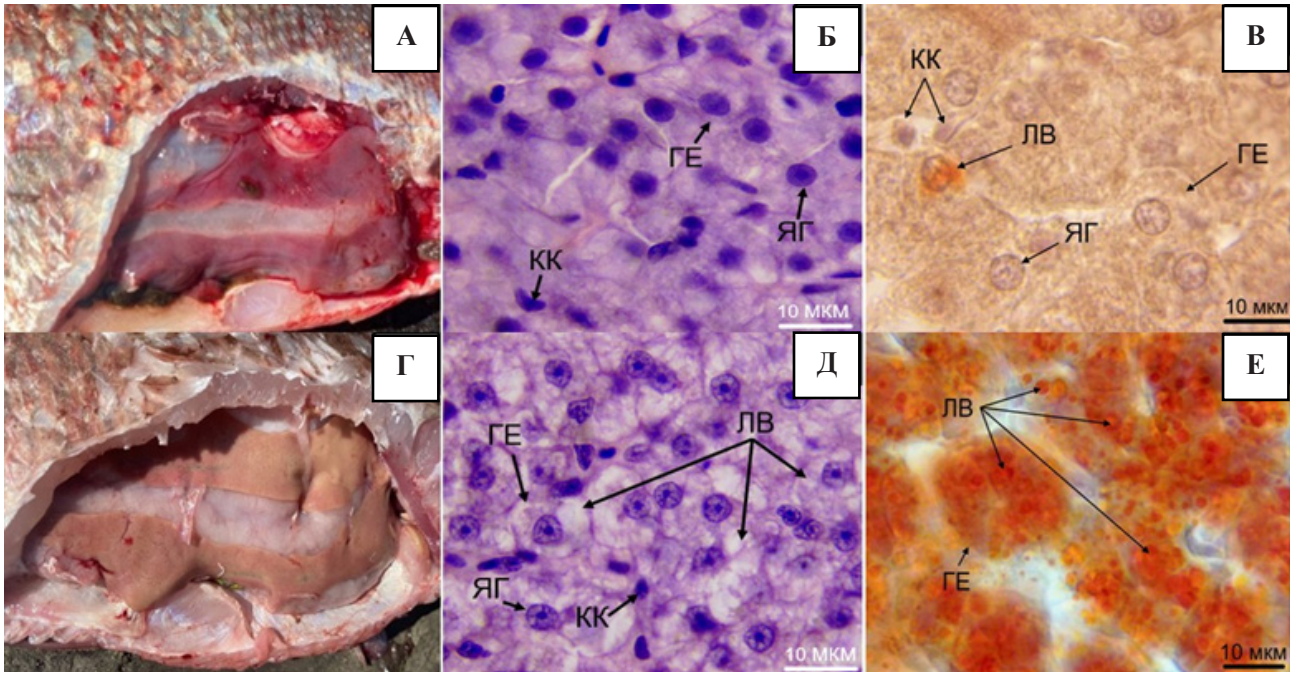


Рисунок 1 *— Результаты верификации диагноза жировой дистрофии печени у производителей карпа обыкновенного (Cyprinus Carpio, L., 1758). А-В — печень в нормальном физиологическом состоянии; Г-Е — печень с выраженной жировой дистрофией печени; Б, Д — окраска гематоксилин-эозин, ув. х1000; В, Е — окраска судан III — шарлах алый с докраской гематоксилином Караччи, ув. х1000; ЛВ — липидные включения, КК — клетки Купфера, СК — сосудистый капилляр, ГЕ — гепатоцит, ЯГ — Ядро гепатоцита.*

Figure 1 *— Results of verification of the diagnosis of fatty degeneration of the liver in common carp producers (Cyprinus Carpio, L., 1758). A—B — liver in normal physiological state; G—E — liver with severe fatty degeneration of the liver; B, D — hematoxylin and eosin staining, magnification x1000; B, E — Sudan III — scarlet staining with Carazzi hematoxylin counterstain, magnification x1000; LV — lipid inclusions, KK — Kupffer cells, SC — vascular capillary, GE — hepatocyte, YG — hepatocyte nucleus.*

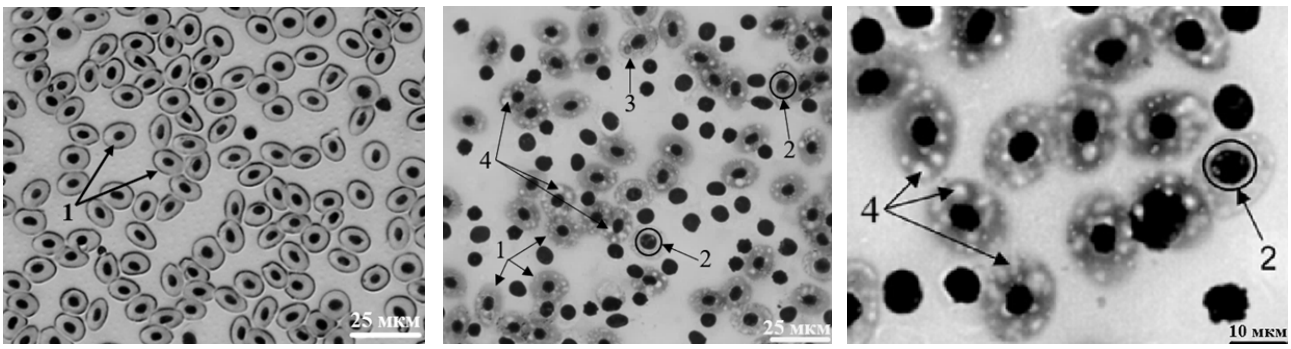


***Рисунок 2** — Микрофотографии мазков периферической крови маточного поголовья карпа обыкновенного. А — контрольной группы, Б, В — опытной группы. 1 — эритроциты, 2 — вакуолизация ядра эритроцитов, 3 — анизоцитоз эритроцитов, 4 — вакуолизация цитоплазмы эритроцитов. Окраска по Паппенгейму. А, Б, В — ув. х1000.*

***Figure 2** — Micrographs of peripheral blood smears from common carp breeding stock. A — control group, B, C — experimental group. 1 — erythrocytes, 2 — vacuolation of the erythrocyte nucleus, 3 — anisocytosis of erythrocytes, 4 — vacuolation of the erythrocyte cytoplasm. Stained according to Pappenheim. A, B, C — magnification x1000.*

верификация диагноза жировой дистрофии печени у особей обеих экспериментальных групп была осуществлена на основании результатов патологоанатомического вскрытия и комплексного гистологического и гистохимического исследования (рис. 1).

У рыб контрольной группы (рис. 1, А–В) печень макроскопически имела красно-бурый цвет, а также плотноэластическую консистенцию без видимых признаков жировой инфильтрации. При гистологическом исследовании паренхима печени имела правильно ориентированные тяжи гепатоцитов (ГЕ) с умеренно базофильной цитоплазмой. Отмечались округлые ядра (ЯГ) с хорошо различимыми ядрышками. Клетки Купфера (КК) располагались в просвете синусоидных капилляров. При гистохимическом исследовании липидные включения (ЛВ) определялись в единичных гепатоцитах в незначительном количестве. Такая картина соответствует физиологической норме для исследуемых гидробионтов.

У особей опытной группы (рис. 1, Г–Е) макроскопически печень была увеличена в объеме. Имела дряблую консистенцию с характерным глинисто-желтым оттенком паренхимы. Гистологически выявлялась выраженная дезорганизация структуры. Ядра гепатоцитов (ЯГ) смещались к периферии клетки, цитоплазма содержала многочисленные крупные липидные включения (ЛВ), а клетки Купфера (КК) находились в состоянии активации. При гистохимическом исследовании отмечалась обширная инфильтрация паренхимы нейтральными липидами, что является характерным признаком жировой дистрофии печени.

Морфологическая характеристика мазков периферической крови маточного поголовья карпа обыкновенного в контрольной группе (рисунок 2А) демонстрирует эритроциты преимущественно овальной формы с умеренно эозинофильной, оптически плотной цитоплазмой, без вакуолизации и без признаков деформации ядра. Контур ядер ровный, структура хроматина мелкозернистая, равномерно распределена, перинуклеарные просветления не определяются. Вариабельность линейных размеров клеток и ядер минимальна, что указывает на стабильное состояние эритроцитарного гомеостаза и отсутствие значимого стрессорного воздействия.

В опытной группе (рис. 2Б, 2В) формируется полиморфная эритроидная популяция с расширением диапазона величин и формы клеток, что морфологически проявляется анизоцитозом и чередованием участков повышенной и пониженной оптической плотности цитоплазмы. У существенной доли эритроцитов визуализируются округлые просветления в перинуклеарной зоне и в цитоплазме, соответствующие вакуолизации. На ядерном уровне отмечаются признаки структурной нестабильности: инвагинации ядерной оболочки, локальные участки конденсации хроматина и начальные проявления пикноза. Конфигурация ядра у значимого числа клеток отклоняется от овальной, проявляется формирование сглаженных и углубленных контуров. Деформация и пикноз ядер клеток крови указывают на активацию апоптотических программ и преждевременное старение клеток, что сокращает функциональный период их циркуляции и усугубляет анемический синдром [18].

Морфометрический анализ периферической крови маточного поголовья карпа обыкновенного выявил выраженные межгрупповые различия, затрагивающие как ядерные, так и цитоплазматические параметры эритроидных клеток, а также частоту и выраженность вакуолизации (рис. 3).

В контрольной группе диапазон ядерных размеров находился в физиологических пределах, где диаметр ядер не превышал значения в 3,100±0,155 мкм с площадью ядер до 7,500±0,375 мкм². Эти величины отражают стабильный эритропоэз без признаков регенераторного сдвига. Диаметр самих эритроцитов находился в промежутке от 6,500±0,325 до 8,700±0,435 мкм и соответствующей площадью цитоплазмы от 25,000±1,250 до 45,000±2,250 мкм². Количественная оценка неоднородности популяции эритроцитов, выраженная через коэффициент вариации диаметра, в контрольной группе оставалась в узком интервале 8,500±0,425 — 12,900±0,645%, что характерно

для однотипной зрелой популяции. Ядерно-цитоплазматическое отношение в контроле оставалось низким и стабильным (0,110±0,001 - 0,220±0,011), подтверждая зрелый статус клеток. Вакуолизация клеток фиксировалась в следовых количествах, не превышая 3,500±0,175%.

У особей опытной группы популяция эритроцитов утратила морфологическую однородность, что особенно отчетливо проявилось в параметрах ядерного аппарата. Коэффициент вариации диаметра эритроцитов достигал 12,680±0,634% ($p<0,05$), такой достоверный уровень разброса уже нельзя рассматривать как обычную биологическую изменчивость. Выраженный анизоцитоз с расширением диапазона размеров клеток и увеличением коэффициента вариации в десять раз свидетельствует о нарушении эритропоэза и одновременной циркуляции разнородных клеточных популяций [17]. Он отражает присутствие в периферическом русле клеток разного происхождения и степени зрелости, когда рядом циркулируют как функционально полноценные формы, так и морфологически измененные элементы. Ядра демонстрировали широкий диапазон размеров. Их диаметр колебался в пределах 1,700±0,085 — 3,900±0,195 мкм, а площадь находилась в интервале 2,300±0,115 - 11,900±0,595 мкм² ($p<0,05$). Подобная неоднородность позволяет говорить о сочетании разнонаправленных процессов. С одной стороны, можно заметить признаки клеточной дегенерации, связанные с уплотнением хроматина и развитием пикноза, с другой - сохраняется примесь незрелых эритроидных форм, для которых характерно относительное увеличение ядра.

Не менее показательной оказалась и цитоплазматическая часть клеток. Размерный диапазон самих эритроцитов оказался заметно шире, чем в контроле, и охватывал значения от 4,100±0,205 до 10,800±0,540 мкм, тогда как площадь цитоплазмы в отдельных случаях достигала 74,000±3,700 мкм² ($p<0,05$). В морфологическом отношении это соответствует выраженному анизоцитозу. В кровотоке одновременно присутствовали как мелкие клетки, близкие к микроцитарным вариантам, так и увеличенные стресс-формы. Подобная картина обычно сопровождает дестабилизацию эритропоэза и указывает на то, что обновление клеточной популяции происходит в условиях патологического напряжения, когда механизмы созревания и отбора форменных элементов уже не обеспечивают стабильность их морфометрического профиля.

ЯЦО (рисунок 4) достигало 0,480±0,024 ($p<0,01$), в верхней границе, что указывает на высокую долю клеток с относительно крупным ядром при уменьшенном объеме цитоплазмы. Однако важно учитывать, что нормативные значения ЯЦО для зрелых эритроцитов карпа, по имеющимся литературным данным, не превышают 0,18—0,20 [14]. Столь значительное повышение показателя в опытной группе объясняется двумя процессами. Во-первых, происходит задержка в периферическом русле незрелых эритроидных предшественников с относительно большим ядром. Это свидетельствует о сдвиге эритропоэза влево. Во-вторых, имеет место быть атрофия цитоплазматического компартмента в уже циркулирующих клетках. Данное явление происходит на фоне дефицита пластических субстратов при хро-

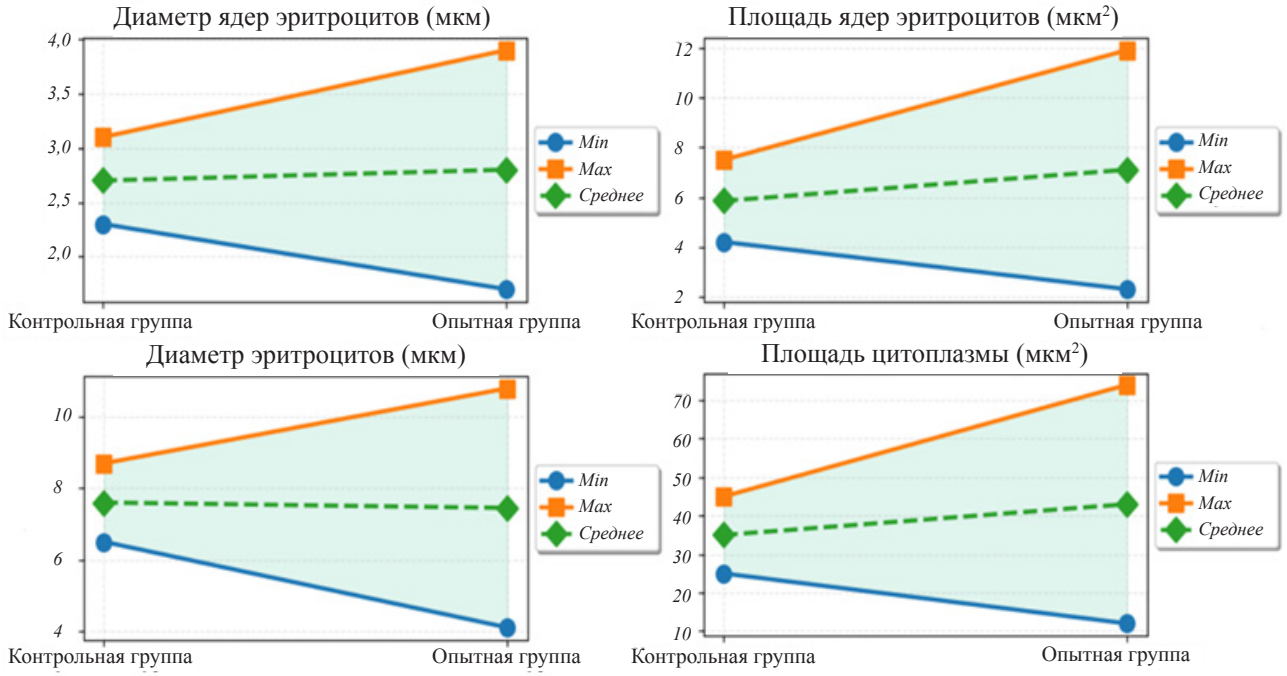


Рисунок 3 *— Сравнительная характеристика ядерных и цитоплазматических параметров эритроцитов маточного поголовья карпа обыкновенного (Cyprinus carpio) контрольной и опытной групп.*

Figure 3 *— Comparative characteristics of nuclear and cytoplasmic parameters of erythrocytes of the common carp (Cyprinus carpio) breeding stock of the control and experimental groups*

нической печеночной дисфункции [5]. Поэтому комбинация ядерных деформаций, высокой вакуолизации и увеличенного ЯЦО формирует согласованный морфологический профиль дистрофического процесса в эритроидном ряду.

В опытной группе также регистрировалось резкое усиление вакуолизации эритроцитов. Доля вакуолей в цитоплазме достоверно возрастала до 52,000±2,600 % ($p<0,01$) на верхней границе, диаметр крупных вакуолей достигал 3,200±0,160 мкм ($p<0,05$), а частота клеток с вакуолизацией составила 48,000±2,400 % ($p<0,001$). Массивная вакуолизация цитоплазмы эритроцитов, охватывающая значительную часть клеточной популяции, отражает нарушение осморегуляции и структурной целостности клеточных мембран, что может быть обусловлено накоплением токсических метаболитов и дефицитом антиоксидантной защиты [17]. Такая картина соответствует трансформации эритроцитов, сопровождающейся нарушением осморегуляции и эндолизосомальных процессов. Степень выраженности вакуолизации согласуется с увеличением дисперсии размерных показателей клеток и служит интегральным индикатором клеточного стресса.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенное исследование морфометрических параметров эритроцитов периферической крови маточного поголовья карпа обыкновенного выявило существенные структурные нарушения красного ростка кроветворения при жировой дистрофии печени. Патогенетическая взаимосвязь установленных изменений объясняется системным воздействием метаболической гепатопатии на процессы эритропоэза и стабильность мембранных структур циркулирующих клеток. Печеночная дисфункция инициирует каскад нарушений липидного обмена и детоксикации, что закономерно отражается на морфологическом качестве эритроидной популяции, формируя характерный комплекс изменений.

У особей с подтвержденной жировой дистрофией печени установлена утрата морфологической однородности эритроидной популяции, проявляющаяся выраженным анизоцитозом с увеличением коэффициента вариации диаметра эритроцитов. Полученные результаты отражают одновременную циркуляцию в периферическом русле клеток различного происхождения и степени зрелости, что свидетельствует о глубокой

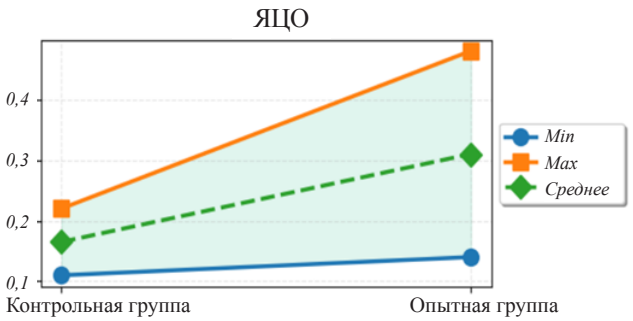


Рисунок 4 *— Сравнительная характеристика ядерно-цитоплазматического отношения морфометрических показателей эритроцитов крови маточного поголовья карпа обыкновенного (Cyprinus carpio) контрольной и опытной групп.*

Figure 4 *— Comparative characteristics of the nuclear-cytoplasmic ratio of morphometric parameters of erythrocytes in the blood of the breeding stock of common carp (Cyprinus carpio) of the control and experimental groups.*

дезорганизации эритропоэза в условиях хронической метаболической патологии.

Параллельно с нарушением размерной однородности развивалась массивная вакуолизация эритроцитов. Такая картина отражает нарушение осморегуляции и структурной целостности клеточных мембран, обусловленное накоплением токсических метаболитов и истощением антиоксидантной защиты на фоне печеночной недостаточности. Качественные изменения затронули и ядерный аппарат эритроцитов. Регистрировались инвагинации ядерной оболочки, локальные участки конденсации хроматина и начальные признаки пикноза. Это может указывать на активацию апоптотических программ и преждевременное старение клеток красной крови.

Совокупность выявленных изменений формирует специфический морфологический паттерн, патогенетически связанный с тяжестью дистрофических изменений в печени. Результаты подтверждают высокую диагностическую ценность морфометрического исследования эритроцитов периферической крови при жировой дистрофии печени у карпа. Эти данные могут служить основой для разработки методов прижизненного мониторинга маточного поголовья. Подобное критически важно для сохранения репродуктивного потенциала производителей и обеспечения устойчивого развития рыбоводческих хозяйств.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF PERIPHERAL BLOOD ERYTHROCYTES IN COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*) BROODSTOCK WITH FATTY LIVER DYSTROPHY

Semenova E. V.[1]* — graduate student, Junior researcher, Laboratory of Innovative Recombinant Proteomics. (ORCID 0000-0003-3675-5467); **Marmurova O. M.**[1,2] — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Sanitary Expertise, Epizootiology and Parasitology (ORCID 0000-0002-1726-3769).

[1]All-Russian Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy.

[2]Voronezh State Agricultural University named after Peter I.

*elenasemyonova5@gmail.com.

ABSTRACT. *Metabolic liver pathologies are increasingly being recorded in carp broodstock under intensive pond fish farming conditions; however, objective intravital diagnostic criteria for their diagnosis have not yet been developed. The aim of this study was to quantitatively evaluate the morphometric parameters of peripheral blood erythrocytes in female common carp (Cyprinus carpio) with verified fatty liver disease and compare these characteristics with those of clinically healthy individuals. The study was conducted at the Laboratory of Innovative Recombinant Proteomics Preparations in the Department of Experimental Pharmacology and Modeling of Living Systems at the All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy. Field research and material collection were conducted at Zazerkalye LLC in the Anninsky District of Voronezh Oblast in 2024-2025. Two experimental groups were formed: the experimental group (n=50) included individuals with confirmed fatty liver disease and the control group (n=50) included clinically healthy individuals with no signs of liver pathology. Statistical processing of the obtained data was performed using a package of applied software for statistical analysis. The normality of the distribution of quantitative characteristics was preliminarily checked using the Shapiro-Wilk criterion. Since some morphometric parameters did not correspond to the normal distribution law, the results were presented as the arithmetic mean (M) ± standard error of the mean (m). The reliability of intergroup differences was assessed using the nonparametric Mann-Whitney U-test for independent samples. Differences were considered statistically significant at $p<0.05$. Smears stained according to Pappenheim showed that fish with liver damage lose the morphological homogeneity of their red blood. The combination of anisocytosis, cytoplasmic vacuolization, and nuclear deformations forms a stable morphological pattern pathogenetically associated with dystrophic changes in hepatocytes. The obtained results substantiate the potential of incorporating peripheral blood morphometry into the intravital diagnostics of metabolic hepatopathies in carp broodstock on commercial farms.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аэромоноз карпа как следствие алиментарных заболеваний (этиология, патогенез, диагностика и меры борьбы) / П. С. Илюшина, Е. И. Перетокина, Н. А. Головачева, Л. И. Бычкова // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 86—5. — С. 152—156.

2. Биохимические маркеры крови молоди янтарной форели в эксперименте по определению гепатозащитной активности нового гепатопротектора гепрасана-Нео / А. А. Абрамов, М. П. Семененко, Е. В. Кузьминова, Д. В. Осепчук // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. — 2024. — Т. 13, № 1. — С. 272—275.

3. Герунов В. И. Гистологический и гистохимический методы исследования при оценке гепатотоксического действия раундапа. В сб.: Каталог научных и инновационных разработок ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Омск, Омский ГАУ, 2022: 173—174.

4. Диагностика и лечебно-профилактические мероприятия при болезнях рыб: учебное пособие для студентов факультета ветеринарной медицины / сост. : Е.И. Нижельская, О.Н. Полозюк, Л.Г. Войтенко; Донской ГАУ. — Персиа новский : Донской ГАУ, 2019. — 162 с.

5. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 110 с.

6. Камалетдинова, Э. Р. Развитие высокоэффективной аквакультуры для обеспечения импортазамещения в условиях санкций Евросоюза/ Э. Р.Камалетдинова, В. Н. Любомирова, Е. М. Романова // Элект. научно-практ. периодическое издание «Совр. научные исследования и разработки», — 2016. — Выпуск № 3 (3). — С.262—264.

7. Мурашкин, В. Б. Племенное дело и перспективы использования высокопродуктивных кроссов карповых рыб в товарном рыбоводстве / В. Б. Мурашкин // Рыбоводство. — 2022. — № 3—4. — С. 28—30.

8. Петрова, Э. А. Алгоритм взятия крови у разных видов животных [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э. А. Петрова; Краснояр. гос. аграрный ун-т. — Красноярск, 2024. — 115 с.

9. Цыпляков, А. Э. Патоморфогенез жировых дистрофии / А. Э. Цыпляков // Патологическая анатомия жи-

REFERENCES

1. Carp aeromonosis as a consequence of alimentary diseases (etiology, pathogenesis, diagnosis and control measures) / P. S. Ilyushin, E. I. Peretokin, N. A. Golovacheva, L. I. Bychkova//Trends in the development of science and education. — 2022. — № 86—5. — P. 152—156.

2. Biochemical markers of the blood of juvenile amber trout in an experiment to determine the hepatoprotective activity of the new hepatoprotector heprasan—Neo/A. A. Abramov, M. P. Semenenko, E. V. Kuzminova, D. V. Osepchuk//Collection of scientific works of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. — 2024. — Vol. 13, NO. 1. — P. 272—275.

3. Gerunov V.I. Histological and histochemical study methods in assessing the hepatotoxic effect of Roundup. In Sat.: Catalog of scientific and innovative developments FSBEI HE Omsk GAU. Omsk, Omsk GAU, 2022: 173—174.

4. Diagnostics and treatment and preventive measures for fish diseases: textbook for students of the Faculty of Veterinary Medicine/comp.: E.I. Nizhelskaya, O.N. Polozyuk, L.G. Voitenko; Don GAU. — Persia Novsky: Donskoy GAU, 2019. — 162 p.

5. Ivanova N.T. Atlas of fish blood cells. — M.: Light and food industry, 1983. — 110 p.

6. Kamaletdinova, E. R. Development of highly efficient aquaculture to ensure import substitution under EU sanctions/E. R. Kamaletdinov, V.N. Lyubomirova, E. M. Romanova//Electronic scientific and practical periodical «Modern scientific research and development,» — 2016. — Issue No. 3 (3). — P. 262—264.

7. Murashkin, V. B. Breeding and prospects for the use of highly productive crosses of cyprinid fish in commercial fish farming/V. B. Murashkin // Fish farming. — 2022. — № 3—4. — P. 28—30.

8. Petrova, E. A. Algorithm for taking blood from different species of animals [Electronic resource]: textbook / E. A. Petrova; Krasnoyar. state. agrarian un-t. — Krasnoyarsk, 2024. — 115 p.

9. Tsyplyakov, A. E. Pathomorphogenesis of adipose dystrophy/A.E. Tsyplyakov//Pathological anatomy of

вотных. — Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет, 2023. — С. 24—28.

10. Шабунин С. В. [и др.]. Способ диагностики жировой дистрофии печени карпа обыкновенного (Cyprinus Carpio) : пат. 2858585 Рос. Федерация : МПК C12Q 1/686 (2018.01) / С. В. Шабунин, П. А. Паршин, Г. А. Востроилова, Е. В. Михайлов, и др. ; патентообладатель ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». — № 2025107726; заявл. 28.03.2025; опубл. 19.03.2026, Бюл. № 8.

11. Canedo A. et al. Micronucleus test and nuclear abnormality assay in zebrafish (*Danio rerio*): Past, present, and future trends //Environmental Pollution. — 2021. — Vol. 290. — P. 118019.

12. He X. N. et al. Aflatoxin B1 decreased flesh flavor and inhibited muscle development in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) //Animal Nutrition. — 2024. — Vol. 18. — P. 27—38.

13. Konar E. S. M. et al. Aging oocytes: exploring apoptosis and its impact on embryonic development in common carp (*Cyprinus carpio*) //Journal of Animal Science. — 2025. — Vol. 103. — P. skaf002.

14. Megarani D. V. et al. Comparative morphology and morphometry of blood cells in zebrafish (*Danio rerio*), common carp (*Cyprinus carpio carpio)*, and tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Journal of the American Association for Laboratory Animal Science. — 2020. — Vol. 59. — №. 6. — P. 673—680.

15. National Research Council. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th ed. Washington, DC, The National Academies Press, 2011

16. Rahman H. et al. Effects of vitamin E supplemented feed on growth performance of fish: A review //J. Aqua. Fish. — 2023. — Vol. 7. — №. 070. — P. 2.

17. Ranzani-Paiva M. J. T., Pádua S. B., Tavares-Dias M., Egami M. I. Métodos para análise hematológica em peixes // Eduem, Maringá. — 2013. — 140 p.

18. Scocco P., De Felice E. Morphological and physiological research on fish //Animals. — 2025. — Vol. 15. — №. 11. — P. 1513.

19. Sula E. et al. Digital light microscopy as a tool in toxicological evaluation of fish erythrocyte morphological abnormalities // Microscopy Research and Technique. — 2020. — Vol. 83. — №. 4. — P. 362—369.

20. Suvarna K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques. 8th ed. Elsevier Health Sciences, 2018: 558.

21. Wang X. M. et al. Bicuculline ameliorates metabolic dysfunction—associated steatotic liver disease by inhibiting the nuclear factor—kappa B pathway and reducing lipid accumulation //World journal of gastroenterology. — 2025. — Vol. 31. — №. 17. — P. 105438.

animals. — Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2023. — P. 24—28.

10. Shabunin S.V. [et al.]. Diagnostic technique for fatty liver dystrophy of common carp (Cyprinus Carpio): Pat. 2858585 Ros. Federation: MPK C12Q 1/686 (2018.01)/S. V. Shabunin, P. A. Parshin, G. A. Vostroilova, E. V. Mikhailov, E. V. Semenova et al.; patent holder FGBNU «VNIVIPFiT.» — № 2025107726; declared. 28.03.2025; publ. 19.03.2026, Bul. № 8.

11. Canedo A. et al. Micronucleus test and nuclear abnormality assay in zebrafish (*Danio rerio*): Past, present, and future trends //Environmental Pollution. — 2021. — Vol. 290. — P. 118019.

12. He X. N. et al. Aflatoxin B1 decreased flesh flavor and inhibited muscle development in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) //Animal Nutrition. — 2024. — Vol. 18. — P. 27—38.

13. Konar E. S. M. et al. Aging oocytes: exploring apoptosis and its impact on embryonic development in common carp (*Cyprinus carpio*) //Journal of Animal Science. — 2025. — Vol. 103. — P. skaf002.

14. Megarani D. V. et al. Comparative morphology and morphometry of blood cells in zebrafish (*Danio rerio*), common carp (*Cyprinus carpio carpio)*, and tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Journal of the American Association for Laboratory Animal Science. — 2020. — Vol. 59. — №. 6. — P. 673—680.

15. National Research Council. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th ed. Washington, DC, The National Academies Press, 2011

16. Rahman H. et al. Effects of vitamin E supplemented feed on growth performance of fish: A review //J. Aqua. Fish. — 2023. — Vol. 7. — №. 070. — P. 2.

17. Ranzani-Paiva M. J. T., Pádua S.B., Tavares-Dias M., Egami M. I. Métodos para análise hematológica em peixes // Eduem, Maringá. — 2013. — 140 p.

18. Scocco P., De Felice E. Morphological and physiological research on fish //Animals. — 2025. — Vol. 15. — №. 11. — P. 1513.

19. Sula E. et al. Digital light microscopy as a tool in toxicological evaluation of fish erythrocyte morphological abnormalities // Microscopy Research and Technique. — 2020. — Vol. 83. — №. 4. — P. 362—369.

20. Suvarna K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques. 8th ed. Elsevier Health Sciences, 2018: 558.

21. Wang X. M. et al. Bicuculline ameliorates metabolic dysfunction—associated steatotic liver disease by inhibiting the nuclear factor—kappa B pathway and reducing lipid accumulation //World journal of gastroenterology. — 2025. — Vol. 31. — №. 17. — P. 105438.

УДК: 619:636.592
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.218

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ГЕПАТОЦИТОВ ПЕЧЕНИ ЭМБРИОНОВ ИНДЕЙКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КРАСНОГО МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА

Галиуллина С. А.* — асп. каф. ветеринарии (ORCID 0009-0002-8601-689X); **Хохлов Р. Ю.** — д-р. биол. наук, проф., проф. каф. ветеринарии (ORCID 0000-0003-3957-2375).

[1]ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

*galiullina.s.a@pgau.ru.

Ключевые слова: *эмбриогенез, индейка, печень, гепатоциты, красный монохроматический свет.*

Key words: *embryogenesis, turkey, liver, hepatocytes, red monochromatic light.*

Поступила в редакцию / Received: 22.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Поиск новых безопасных немедикаментозных способов воздействия на инкубацию яиц сельскохозяйственных птиц до настоящего времени остается актуальной темой в научном сообществе. Одним из таковых является применение во время инкубации света определенного спектра. На сегодняшний день большинство проведенных исследований по изучению действия светового фактора касается постинкубационного онтогенеза сельскохозяйственной птицы. Настоящая статья является фрагментом научного исследования, посвященного изучению влияния красного монохроматического освещения на морфогенез печени индюшиных эмбрионов. Целью исследования являлось определение динамики изменения площади гепатоцитов печени индюшиных эмбрионов в разные периоды инкубации под воздействием светового фактора. В процессе всего периода инкубации индюшиного яйца в опытной группе применяли светодиодные источники освещения в красном диапазоне спектра. Контрольная группа инкубировалась без освещения. Эмбриональную печень получали от 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27-суточных эмбрионов индейки. На гистологических препаратах определяли площадь гепатоцитов. Анализ полученных результатов показал, что динамика изменения площади клеток печени в обеих группах носила волнообразный характер с тенденцией увеличения площади гепатоцитов к концу инкубации — 27 суток, когда площадь гепатоцитов в контрольной и опытной группах находилась практически на одном уровне с разницей 0,7%, в пользу опытной группы. Наименьшее значение площади гепатоцитов за период наблюдения в контрольной группе зафиксировано в 17 и 19-суточном возрасте, а в опытной группе в 19-суточном возрасте. Максимальная площадь клеток печени в обеих группах отмечалась в 27-суточном возрасте. Полученные данные вносят вклад в понимание механизмов фоторегуляции тканевого роста печени.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Современное индейководство нуждается в совершенствовании инкубационных режимов с целью повышения качества суточного молодняка, снижения энергетических затрат и улучшения стартовых характеристик молодняка. Исследование влияния физических факторов окружающей среды, включая световое, открывает возможности для создания новых, более эффективных технологий инкубации яйца и выращивания здорового молодняка.

Свет является одним из ключевых экзогенных факторов, оказывающих комплексное влияние на организм птиц на всех этапах онтогенеза [1—5]. В последние десятилетия значительно возрос интерес к изучению фотобиологических эффектов различных спектров света на рост и развитие сельскохозяйственной птицы, включая индеек [6,7,8]. Особое внимание уделяется эмбриональному периоду развития, когда закладываются функциональные системы организма и формируется его реактивность к внешним воздействиям [9—11].

Печень играет центральную роль в метаболизме эмбриона, обеспечивая гомеостаз и адаптацию к изменяющимся условиям окружающей среды [12, 13]. Гепатоциты, как основной паренхиматозный элемент печени, подвержены значительным морфофункциональным преобразованиям в период эмбриогенеза, что отражает интенсивность метаболических процессов и степень зрелости органа [14, 15]. Площадь гепатоцитов является важным количественным показателем, коррелирующим с их функциональной активностью и способностью к пролиферации.

Известно, что световое воздействие на инкубируемые яйца может модифицировать развитие эмбрионов птиц. Монохроматическое освещение относится к числу факторов, способных оказывать влияние на показатели выводимости, массу тела новорождённых птенцов и особенности их поведения. Красный свет проникает сквозь скорлупу яйца и может восприниматься эмбрионом, оказывая стимулирующее действие на клеточную пролиферацию и дифференцировку. Влияние светового фактора на гистологическую структуру и клеточный состав внутренних органов, в частности печени, остается мало изученным. В связи с

тем, что печень играет ключевую роль в кроветворении и метаболических процессах эмбриона, оценка ее гистологических изменений под действием света представляет особый интерес. Данные о влиянии красного спектра освещения на морфометрические параметры гепатоцитов и тканевую структуру печени эмбрионов индейки в доступной научной литературе отсутствуют, что определяет актуальность настоящего исследования.

Цель настоящей работы – изучение динамики площади гепатоцитов печени эмбрионов индейки при инкубации в условиях темноты и красного монохроматического освещения.

Научная новизна представленной работы заключается в том, что впервые проведен комплексный анализ возрастной динамики морфометрических параметров гепатоцитов в эмбриогенезе индейки под воздействием внешнего светового фактора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование влияния красного монохроматического света на морфогенез печени эмбрионов индейки выполнено в лаборатории ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. Для проведения эксперимента инкубационные яйца индейки были разделены на две аналогичные группы: контрольную и опытную. В опытной группе эмбрионы развивались в условиях круглосуточного облучения красным монохроматическим светом с длиной волны 660 нм на протяжении всего периода инкубации. В контрольной группе инкубация проводилась без дополнительного светового воздействия. На 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 и 27-й дни инкубационного периода отбирали по 5-6 эмбрионов из контрольной и опытной групп. Препарировали печень и помещали ее в 10% раствор формалина, затем изготавливали гистологические препараты. Окрашивали гематоксилином и эозином. Измерения площади гепатоцитов проводили с помощью программы ScreenMeter 1.0. Статистическую обработку проводили в компьютерной программе Microcoft Excel с использованием t-критерия Стьюдента. Различия между группами считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Динамика площади гепатоцитов индюшиных эмбрионов представлена на рисунке 1.

Площадь гепатоцитов индюшиных эмбрионов на 13 сутки инкубации составила 61,2 мкм^2 в интактной группе и 63,9 мкм^2 в группе, где применяли освещение.

На этапе 15 суток инкубации зафиксировано увеличение площади гепатоцитов в 1,12 раза у эмбрионов контрольной группы и в 1,06 раза — у опытных. Величина данного показателя достигла 68,4 мкм^2 и 67,9 мкм^2, соответственно.

На 17 сутки инкубации зафиксировано сокращение площади гепатоцитов относительно 15-суточного возраста в 1,17 раза в контроле до 58,4 мкм^2 и в 1,20 раза в опыте до 56,5 мкм^2. При этом в контрольной группе данный показатель оказался выше на 3,3 %, чем в опытной.

К 19 суткам инкубации площадь гепатоцитов в контрольной группе практически не изменилась и осталась на уровне 17-суточного возраста, составив 58,2 мкм^2. Что касается опытной группы, то в ней снижение анализируемого показателя продолжилось и достигло 53,8 мкм^2, при этом площадь гепатоцитов в контрольной группе, на данном этапе эмбриогенеза, оказалась на 7,6 % достоверно ($p<0,05$) больше, чем в опытной.

Площадь гепатоцитов у 21-суточных эмбрионов составила 75,1 мкм^2 и 71,0 мкм^2 в контрольной и опытной группах соответственно, следовательно, по сравнению с 19-суточными эмбрионами площадь гепатоцитов увеличилась в 1,29 раза в контрольной группе и в 1,32 раза в опытной группе, при этом в контрольной группе площадь клеток печени была больше на 5,5 %.

На 23 сутки инкубации площадь клеток печени по сравнению с 21 сутками инкубации в контрольной группе увеличилась в 1,03 раза и составила 77,7 мкм^2, а в опытной группе, напротив, уменьшилась в 1,06 раза и составила 66,7 мкм^2, таким образом в контрольной группе анализируемый показатель оказался достоверно ($p<0,001$) больше, чем в опытной на 14,2 %.

Площадь гепатоцитов у 25-суточных индюшиных эмбрионов возросла в 1,13 раза в контрольной и в 1,27 раза в опытной и составила 87,9 мкм^2 и 84,5 мкм^2, соответственно, при этом в контрольной группе площадь гепатоцитов оказалась на 3,9 % больше чем в опытной.

На 27 сутки инкубации площадь клеток печени увеличилась по сравнению с 25 сутками в 1,1 раза в контрольной и в 1,15 раза в опытной, таким образом, площадь гепатоцитов достигла значений 96,5 мкм^2 и 97,2 мкм^2, соответственно. Таким образом, в конце эмбриогенеза (27 суток) различия по площади гепатоцитов в контрольной и опытной группах оказались минимальными — 0,7 % в пользу опытной группы.

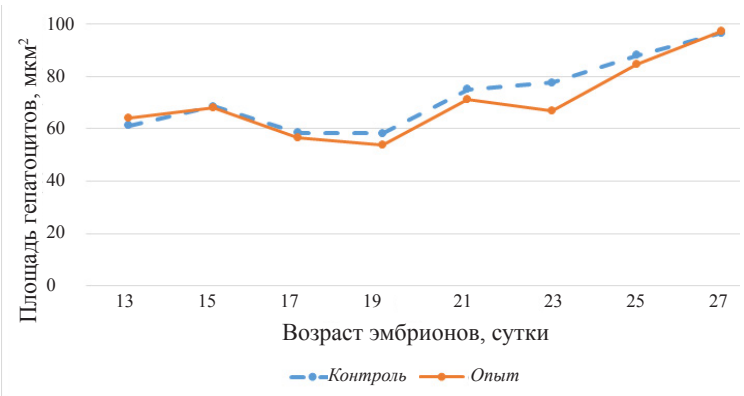


***Рисунок 1** — Динамика площади гепатоцитов индюшиных эмбрионов.*

***Figure 1** — Dynamics of the area of hepatocytes in turkey embryos.*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Изменение площади гепатоцитов в печени индюшиных эмбрионов имеет волнообразный характер. Так в контрольной группе выявлена следующая закономер-

ность: в интервале 13—15 суток площадь гепатоцитов возрастает, в следующий возрастной период 15—19 суток площадь гепатоцитов падает. Далее с 19 по 27 сутки площадь печеночный клеток плавно растет. Что касается группы эмбрионов, инкубируемых при красном монохроматическом освещении, то в ней, первый (13—15 суток) и второй (15—19 суток) отрезки совпадают с контрольной группой, то есть на этапе 13—15 суток фиксируется увеличение площади гепатоцитов, затем происходит снижение их площади (15—19 суток). Что касается последнего, третьего периода, то он, в отличие от контрольной группы, имеет следующие особенности, а именно происходит снижение площади клеток в 23-суточном возрасте. Наименьшее значение площади гепатоцитов за период наблюдения в контрольной группе зафиксировано в 17 и 19-суточном возрасте, с разницей 0,2 мкм^2. Что касается опытной группы, то минимальная площадь гепатоцитов была в 19-суточном возрасте. Максимальная площадь клеток печени в обеих группах отмечалась в 27-суточном возрасте.

AGE-RELATED CHANGES IN THE AREA OF LIVER HEPATOCYTES OF TURKEY EMBRYOS UNDER THE INFLUENCE OF RED MONOCHROMATIC LIGHT

Galiullina S. A.* — postgraduate student of the Department of Veterinary Medicine (ORCID 0009-0002-8601-689X); **Khokhlov R. Yu.** — Doctor of Biology, Prof., Prof. of the Department of Veterinary Medicine (ORCID 0000-0003-3957-2375).

Penza State Agrarian University.

*galiullina.s.a@pgau.ru.

ABSTRACT. *The search for new safe non-medicinal methods of influencing the incubation of farm bird eggs remains an urgent topic in the scientific community to this day. One of these is the use of a certain spectrum of light during incubation. To date, most of the studies conducted on the effect of the light factor relate to the post-incubation ontogenesis of poultry. This article is a fragment of a scientific study devoted to the study of the effect of red monochromatic illumination on liver morphogenesis in turkey embryos. The aim of the study was to determine the dynamics of changes in the area of liver hepatocytes in turkey embryos during different incubation periods under the influence of the light factor. During the entire incubation period of the turkey egg, LED lighting sources in the red range of the spectrum were used in the experimental group. The control group was incubated without lighting. The embryonic liver was obtained from 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27- day-old turkey embryos. The area of hepatocytes was determined on histological preparations. Analysis of the results showed that the dynamics of changes in the area of liver cells in both groups was undulating with a tendency to increase the area of hepatocytes by the end of incubation – 27 days, when the area of hepatocytes in the control and experimental groups was almost at the same level with a difference of 0,7%, in favor of the experimental group. The lowest value of the area of hepatocytes during the observation period in the control group was recorded at 17 and 19 days of age, and in the experimental group at 19 days of age. The maximum area of liver cells in both groups was observed at the age of 27 days. The data obtained contribute to understanding the mechanisms of photoregulation of liver tissue growth.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Прерывистый режим освещения для индеек-несушек / Ф. Ф. Алексеев, А. В. Нупрейчик и др. // Сборник научных трудов ВНИТИП / Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАСХН. Том 81. — Сергиев Посад : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2006. – С. 50—55.

2. Влияние выращивания индюков и индеек при различных световых режимах на их воспроизводительные качества / М. Ф. Зонов, С. С. Садовщикова, Е. А. Попова [и др.] // Повышение продуктивных и племенных качеств с.-х. животных : 74-я научно-практическая конференция, посвященная 80-летию Ставропольского гос. агр. университета, Ставрополь, 14–15 апреля 2010 года. — Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2010. – С. 141—143.

3. Influence of LED bulb on reproductive and production performance of different poultry species: a review / O. M. Oso, K. Metowogo, O. E. Oke, K. Tona // World's Poultry Science Journal. – 2022. – Vol. 78, No. 2. – P. 515—529.

4. Боронин, В. В. Режим освещения при инкубации как фактор повышения здоровья и продуктивности цы-

REFERENCES

1. Intermittent lighting mode for laying turkeys / F. F. Alekseev, A.V. Nupreichik, V. A. Timchenko, L. P. Kokaulina // Collection of scientific papers VNITIP / All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Breeding RAS. Volume 81. Sergiev Posad : All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, 2006. P. 50—55.

2. The influence of growing turkeys and turkeys under various light conditions on their reproductive qualities / M. F. Zonov, S. S. Sadovshchikova, E. A. Popova [et al.] // Improving the productive and breeding qualities of farm animals : the 74th scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of Stavropol State Agrarian University, Stavropol, April 14—15, 2010. Stavropol: AGRUS Publishing House, 2010. pp. 141—143.

3. Influence of LED bulb on reproductive and production performance of different poultry species: a review / O. M. Oso, K. Metowogo, O. E. Oke, K. Tona // World's Poultry Science Journal. — 2022. — Vol. 78, No. 2. — P. 515—529.

4. Boronin, V. V. Lighting mode during incubation as a factor in improving the health and productivity of broiler

плят-бройлеров / В. В. Боронин, В. Г. Семенов, В. Г. Тюрин // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. — 2023. — № 2(25). — С. 80—84. DOI 10.48612/vch/z5f6-kga7-btg8.

5. Bartz, B. The LED wavelength, lighting intensity, feather coverage, and novelty inclusion in turkey hens / B. Bartz, J. L. Grimes // Ger. J. Vet. Res. — 2022. — Vol. 2, No. 3. — P. 8—16.

6. Дубровский, А. А. Применение искусственных источников освещения с различным спектром света при выращивании кур-несушек / А. А. Дубровский, В. В. Алифанова // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. — 2023. — № 4(30). — С. 45—51.

7. Çapar Akyüz, H. Light wavelength on different poultry species / H. Çapar Akyüz, E. E. Onbaşilar // World's Poultry Science Journal. — 2018. — Vol. 74, No. 1. — P. 79—88.

8. Applegate, T. J. Effect of hen age, body weight, and age at photostimulation. 2. Embryonic characteristics of commercial turkeys / T. J. Applegate, M. S. Lilburn // Poult. Sci. — 1998. — Vol. 77. — P. 439—444.

9. Effects of Red and Blue Light during the Incubation of Turkey Eggs on Hatchability Performance and Expression Pattern of Some Myogenic Regulatory Genes / W. S. H. Abd El Naby, H. A. Basha, S. E. Ibrahim, M. I. Abo-Samaha // J. World Poult. Res. — 2021. — Vol. 11, No. 1. — P. 129—135.

10. Fairchild, B. D. Photostimulation of turkey eggs accelerates hatching times without affecting hatchability, liver or heart growth, or glycogen content / B. D. Fairchild, V. L. Christensen // Poultry Science. — 2000. — Vol. 79, No. 11. — P. 1627—1631.

11. Kicka, M. A. Influence of fluorescent light during incubation on hatch time and embryonic development of the chicken, turkey and duck egg / M. A. Kicka, F. K. R. Stino, G. A. R. Kamar // Archiv fur Geflugelkunde. — 1982. — Bd. 46, H. 2. — P. 49—52.

12. Developmental Changes of Protein Profiles in the Embryonic Sanhuang Chicken Liver / H. Jianzhen, M. Haitian, Y. Liming, Z. Sixiang // Journal of Veterinary Medicine Series A. — 2007. — Vol. 54, No. 9. — P. 464—469.

13. Ontogeny of hepatic metabolism in mule ducks highlights different gene expression profiles between carbohydrate and lipid metabolic pathways / W. Massimino, S. Davail, A. Secula [et al.] // BMC Genomics. — 2020. — Vol. 21, No. 1. — : 742.

14. Хамитова, Л. Е. Динамика интегральных показателей организма и морфогенез печени птиц в критические периоды эмбрионального и постэмбрионального онтогенеза / Л. Е. Хамитова // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 5. — С. 623.

15. Farzaneh, M. Hepatocyte production across embryonic stages in chicken: an in vitro approach / M. Farzaneh, S. Azizidoost // BMC Vet Res. — 2025. — Vol. 21. — : 674.

chickens / V. V. Boronin, V. G. Semenov, V. G. Tyurin // Bulletin of the Chuvash State Agrarian University. — 2023. — № 2(25). — P. 80—84. DOI 10.48612/vch/z5f6-kga7-btg8.

5. Bartz, B. The LED wavelength, lighting intensity, feather coverage, and novelty inclusion in turkey hens / B. Bartz, J. L. Grimes // Ger. J. Vet. Res. — 2022. — Vol. 2, No. 3. — P. 8—16.

6. Dubrovsky, A. A. The use of artificial lighting sources with a different spectrum of light in the cultivation of laying hens / A. A. Dubrovsky, V. V. Alifanova // Current issues of agricultural biology. — 2023. — № 4(30). — P. 45—51.

7. Çapar Akyüz, H. Light wavelength on different poultry species / H. Çapar Akyüz, E. E. Onbaşilar // World's Poultry Science Journal. — 2018. — Vol. 74, No. 1. — P. 79—88.

8. Applegate, T. J. Effect of hen age, body weight, and age at photostimulation. 2. Embryonic characteristics of commercial turkeys / T. J. Applegate, M. S. Lilburn // Poult. Sci. — 1998. — Vol. 77. — P. 439—444.

9. Effects of Red and Blue Light during the Incubation of Turkey Eggs on Hatchability Performance and Expression Pattern of Some Myogenic Regulatory Genes / W. S. H. Abd El Naby, H. A. Basha, S. E. Ibrahim, M. I. Abo-Samaha // J. World Poult. Res. — 2021. — Vol. 11, No. 1. — P. 129—135.

10. Fairchild, B. D. Photostimulation of turkey eggs accelerates hatching times without affecting hatchability, liver or heart growth, or glycogen content / B. D. Fairchild, V. L. Christensen // Poultry Science. — 2000. — Vol. 79, No. 11. — P. 1627—1631.

11. Kicka, M. A. Influence of fluorescent light during incubation on hatch time and embryonic development of the chicken, turkey and duck egg / M. A. Kicka, F. K. R. Stino, G. A. R. Kamar // Archiv fur Geflugelkunde. — 1982. — Bd. 46, H. 2. — P. 49—52.

12. Developmental Changes of Protein Profiles in the Embryonic Sanhuang Chicken Liver / H. Jianzhen, M. Haitian, Y. Liming, Z. Sixiang // Journal of Veterinary Medicine Series A. — 2007. — Vol. 54, No. 9. — P. 464—469.

13. Ontogeny of hepatic metabolism in mule ducks highlights different gene expression profiles between carbohydrate and lipid metabolic pathways / W. Massimino, S. Davail, A. Secula [et al.] // BMC Genomics. — 2020. — Vol. 21, No. 1. — : 742.

14. Khamitova, L. E. Dynamics of integral body parameters and morphogenesis of liver of birds in critical periods of embryonic and postembryonic ontogenesis / L. E. Khamitova // Modern problems of science and education. — 2015. — No. 5. — P. 623.

15. Farzaneh, M. Hepatocyte production across embryonic stages in chicken: an in vitro approach / M. Farzaneh, S. Azizidoost // BMC Vet Res. — 2025. — Vol. 21. — : 674.

УДК: 615.212:612.821:612.017:599.323.4
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.222

ПАРАЦЕТАМОЛ И СТРЕСС: ПОЛОВОЙ ДИМОРФИЗМ ВЛИЯНИЯ НА ТИМУС, СЕЛЕЗЁНКУ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Якупова Т. Г.*[1] — науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1236-8246); **Гизатуллина А. А.**[1] — мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7321-0864); **Мухаммадиева Г. Ф.**[1] — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7456-4787); **Каримов Д. Д.**[1] – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1962-2323); **Хуснутдинова Н. Ю.**[1] — науч. сотр. (ORCID 0000-0001-5596-8180); **Смолянкин Д. А.**[1] — науч. сотр. (ORCID 0000-0002-7957-2399), **Каримов Д. О.**[1,2] — канд. мед. наук,, зав. отделом, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-0039-6757); **Файзуллина Г. А.**[1] — врач-профпатолог (ORCID 0009-0004-1819-8315).

[1]ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

[2]ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н. А. Семашко».

*tanya.kutlina.92@mail.ru.

Ключевые слова: *парацетамол, стресс, половой диморфизм, тимус, тромбоциты.*

Keywords: *paracetamol, stress, sexual dimorphism, thymus, platelets.*

Поступила в редакцию / Received: 12.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Иммунная система представляет одну из наиболее чувствительных мишеней стресс-реакции, что отражается в изменениях лимфоидных органов и гематологических показателей. Парацетамол, один из наиболее широко применяемых анальгетиков, традиционно изучается как гепатотоксический агент, однако его влияние на иммуногематологические параметры остаётся недостаточно оценённым, особенно при сочетании с хроническим стрессом. Цель исследования заключалась в оценке влияния 28-дневного введения парацетамола (1000 мг/кг), в том числе на фоне хронического непредсказуемого стресса, на массу тела, весовые коэффициенты тимуса и селезёнки, а также гематологические показатели у крыс обоего пола. У самцов хронический стресс вызывал значимое снижение содержания лейкоцитов (до $5{,}7\times10^9$/л; p=0,001), тогда как парацетамол повышал их уровень по сравнению со стрессом (p=0,001). Парацетамол снижал уровень гемоглобина (129,5 г/л), однако при сочетании со стрессом наблюдалось его повышение (141,1 г/л; p=0,001). У самок аналогичные изменения отсутствовали, однако отмечено достоверное снижение количества тромбоцитов во всех опытных группах (p=0,001). Весовой коэффициент тимуса у самок снижался при введении парацетамола (1,08; p=0,01), тогда как у самцов оставался неизменным. Снижение весового коэффициента селезёнки выявлено только у самцов при стрессовом и комбинированном воздействии (p≤0,02). Полученные данные свидетельствуют о половозависимом характере иммуногематологических изменений при введении парацетамола и его сочетании с хроническим стрессом. Вместе с тем отсутствие оценки эндокринологических показателей не позволяет однозначно интерпретировать выявленные различия как проявление стресс-протективного действия парацетамола; они требуют дальнейшего изучения с включением маркеров гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и гонадной регуляции.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Стресс — одно из наиболее распространённых состояний современного человека и животных, отражающее угрозу динамическому равновесию организма под действием внешних или внутренних факторов. Исторически термин пришёл из физики и инженерии, но его биологическое содержание сформировалось в работах Г. Селье: при воздействии разнотипных стрессоров у лабораторных животных наблюдалась «стресс-триада» — гипертрофия надпочечников, инволюция тимуса/лимфоузлов и геморрагические поражения слизистой желудка, что легло в основу концепции общего адаптационного синдрома [1].

Современная физиология рассматривает стресс как состояние, при котором гомеодинамика угрожаема, а поддержание стабильности достигается через аллостаз — адаптацию путём изменения работы регуляторных систем; хроническая перегрузка этих систем формирует аллостатическую нагрузку, связанную с соматическими и психоневрологическими исходами [2, 3].

Ключевой биологической основой стресс-ответа служат гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая (ГГН) ось и вегетативная нервная система (симпатическая/парасимпатическая, включая симпатоадреналовую систему), опосредующие быстрый выброс катехоламинов и последующее высвобождение глюкокортикоидов. Эти медиаторы многоуровнево влияют на метаболизм, иммунную регуляцию и гемопоэз; искажения в работе стресс-системы ассоциированы с широким спектром патологий [3].

Иммунная система является чувствительной мишенью стресса: глюкокортикоиды индуцируют

апоптоз тимоцитов и вызывают быструю инволюцию тимуса, что отражает типичный «иммунный отпечаток» острого стресс-ответа и влияет на последующую иммунную реактивность [4].

Выраженность и профиль стресс-ответа зависят от пола. Накоплены данные о половых различиях на молекулярном, клеточном и системном уровнях в регуляции ГГН-оси и нейромедиаторных контуров, а также в врождённом и адаптивном иммунитете; совокупно это обуславливает половой диморфизм клинических проявлений и отдалённых последствий хронического стресса [5, 6]. При интерпретации половых различий в экспериментальных моделях хронического стресса необходимо учитывать возможное участие половых стероидных гормонов, включая эстрогены, прогестерон и андрогены, а также различия в активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. У самок выраженность стресс-индуцированных изменений может зависеть от гормонального статуса и фазы эстрального цикла, что ограничивает возможность прямой трактовки выявленных эффектов только как следствия действия исследуемого вещества. В связи с этим оценка иммуногематологических показателей при сочетанном воздействии парацетамола и стресса требует осторожной интерпретации с учётом потенциального вклада эндокринной регуляции.

Реальные условия жизни и труда нередко сочетают психосоциальные стрессоры с химическими воздействиями. Междисциплинарные обзоры подчёркивают, что совместное действие социальных стрессоров и загрязнителей среды может быть аддитивным или синергичным и изменять уязвимость к неблагоприятным исходам здоровья; это требует экспериментальных моделей, позволяющих оценивать комбинированные эффекты на иммунные и гематологические показатели [7].

Парацетамол — один из наиболее используемых анальгетиков/антипиретиков — традиционно изучается в контексте гепатотоксичности, тогда как его внепечёночные и иммуногематологические эффекты исследованы ограниченно. Косвенные данные о влиянии на иммунный ответ получены, например, в вакцинологии: профилактический приём парацетамола снижал частоту лихорадки, но сопровождался менее выраженными поствакцинальными антителами, что указывает на возможность иммуномодуляции [8].

Цель исследования — на экспериментальной модели крыс оценить влияние 28-дневного введения ацетаминофена, в том числе на фоне стресс-нагрузки, на массу тела, весовые коэффициенты тимуса и селезёнки и гематологические показатели с учётом полового диморфизма ответа. Такой фокус позволяет закрыть пробел между фундаментальной физиологией стресса и прикладной токсикологией часто используемого лекарственного средства, уточнив направление и величину иммуногематологических сдвигов при изолированном и комбинированном воздействии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В эксперименте использовали 48 белых аутбредных крыс обоего пола (масса тела 190–210 г), которых случайным образом распределили на четыре группы (по 6 самцов и 6 самок в каждой):

1. Группа «Контроль» — животные получали внутрь дистиллированную воду в эквивалентном объёме ежедневно в течение 28 дней.
2. Группа «Стресс» — животные подвергались воздействию хронического непредсказуемого стресса с одновременным введением дистиллированной воды.
3. Группа «Парацетамол» — крысам ежедневно вводили раствор парацетамола внутрь в дозе 1000 мг/кг массы тела.
4. Группа «Парацетамол + стресс» — животные получали парацетамол в той же дозе на фоне моделируемого хронического стресса.

Все вещества вводили *per os* через желудочный зонд 5 раз в неделю (по рабочим дням) в течение 28 дней. Доза парацетамола была выбрана на основании литературных данных как субгепатотоксичная, способная вызывать биохимические и поведенческие изменения при хроническом воздействии.

Моделирование хронического непредсказуемого лёгкого стресса (CUMS) проводили по модифицированному протоколу, описанному Matisz et al. В течение 4 недель ежедневно применяли один из стрессоров: социальная изоляция, иммобилизация, воздействие шума (80—90 дБ), ночное освещение, лишение корма или воды. Воздействия чередовались по графику с исключением повторяющихся однотипных стимулов в пределах недели, что исключало адаптацию животных.

Животные содержались в условиях вивария при температуре 20—25°С, влажности 30—70 % и 12-часовом световом цикле. Уход и питание соответствовали ГОСТ 33215-2014, рекомендациям ВОЗ, Европейской конвенции по защите животных, а также нормативам Минздрава РФ. По завершении эксперимента животные выводились из исследования методом ингаляционной эвтаназии с использованием CO_2, с последующей декапитацией.

Измерение массы тела проводили еженедельно. По окончании эксперимента определяли вес тимуса и селезёнки, рассчитывали весовые коэффициенты (масса органа/масса тела × 100 %). Образцы крови отбирали из шейных сосудов после декапитации. Гематологические показатели (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, гемоглобин, гематокрит, содержание и концентрация гемоглобина в эритроците) оценивали на автоматическом анализаторе ГЕМА-8-01-«Астра» (Россия). Эндокринологические показатели, включая уровни кортикостерона, АКТГ, эстрадиола, прогестерона и тестостерона, в рамках настоящего исследования не определялись, что учитывалось при интерпретации возможных механизмов выявленных половых различий.

Статистический анализ данных проводили с использованием бутстрэп-метода (Bootstrap) в

среде Jupyter Notebook (Python 3.11). Для учёта множественных сравнений применяли поправку Холма–Бонферрони. Результаты представлены в виде средних значений ± стандартное отклонение и скорректированных значений p (p-adj). Статистически значимыми считались различия при $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS.

Гематологические показатели

Анализ содержания лейкоцитов в крови самцов выявил значимое снижение их уровня в группе хронического стресса ($5,7\times10^9$/л), по сравнению с контрольной ($7,92\times10^9$/л; p=0,001), а также в группе «Парацетамол + стресс» ($5,78\times10^9$/л; p=0,03). При этом у животных, получавших только парацетамол, содержание лейкоцитов было выше, чем в группе с сочетанным воздействием ($8,69\times10^9$/л против $5,78\times10^9$/л; p=0,019), и превышало уровень в группе стресса (p=0,001). У самок достоверных различий не зафиксировано.

Уровень эритроцитов в крови самцов, напротив, был минимален при введении парацетамола ($6,51\times10^{12}$/л), а максимален в группах «Парацетамол + стресс» ($7,27\times10^{12}$/л) и «Стресс» ($7,07\times10^{12}$/л). Статистически значимые различия установлены между группами «Стресс» и «Контроль» (p=0,01), «Парацетамол + стресс» и «Контроль» (p=0,001), а также между «Стресс» и «Парацетамол» (p=0,001). У самок различия отсутствовали.

Гемоглобин у самцов был минимален в группе «Парацетамол» (129,47 г/л) и максимален в группе «Парацетамол + стресс» (141,1 г/л; p=0,001). Кроме того, в группе сочетанного воздействия уровень гемоглобина был выше, чем в контроле (p = 0,009), и в группе «Парацетамол» — ниже, чем при изолированном стрессе (p=0,042). У самок достоверных различий не выявлено.

Среднее количество тромбоцитов у самцов статистически не различалось между группами. У самок наибольшие значения были зарегистрированы в контроле ($441,57\times10^9$/л), тогда как во всех остальных группах наблюдалось достоверное снижение: «Стресс» — $306,37\times10^9$/л (p=0,001), «Парацетамол» — $263,89\times10^9$/л (p=0,001), «Парацетамол + стресс» — $300,06\times10^9$/л (p=0,001).

Гематокрит у самцов был минимален в контроле (38,88 %) и максимален в группе «Парацетамол + стресс» (43,91 %; p=0,001). Также значения в этой группе были выше, чем при изолированном введении парацетамола (p=0,001). У самок значимые различия выявлены между группами «Парацетамол» (38,56 %) и «Контроль» (40,66 %; p=0,038).

Уровень гемоглобина в эритроците у самцов был минимален при сочетанном воздействии парацетамола и стресса (19,17 г/л) и максимален при введении только парацетамола (20,1 г/л; p=0,004). У самок различия были статистически незначимы.

Концентрация гемоглобина в эритроците у самцов была снижена при сочетанном воздействии (31,95 г/л), по сравнению с контролем (33,59 г/л; p=0,002). У самок выявлены статистически значимые отличия между группой «Контроль» (32,88 г/л) и группами «Стресс» (34,96 г/л; p=0,03), «Парацетамол» (34,16 г/л; p=0,04), а также между группами «Парацетамол + стресс» и «Стресс» (p=0,04).

Биометрические показатели

Средняя масса тела самцов в группах «Контроль» и «Парацетамол» была выше (327,52 и 323,82 г, соответственно), чем у животных, подвергавшихся стрессу (283,71 г) и его сочетанию с парацетамолом (275,8 г) ($p<0,05$) (рис. 1). У самок контрольная группа также демонстрировала наибольшие значения (252 г), а группы со стрессом – статистически значимо меньшие (p=0,004 и p=0,001, соответственно).

Анализ весового коэффициента селезёнки показал значимое снижение показателя у самцов в группах «Стресс» (2,25) и «Парацетамол + стресс» (2,13) по сравнению с контролем (2,78; p=0,02 и p=0,001, соответственно) (рис. 2). У самок достоверных различий не отмечено.

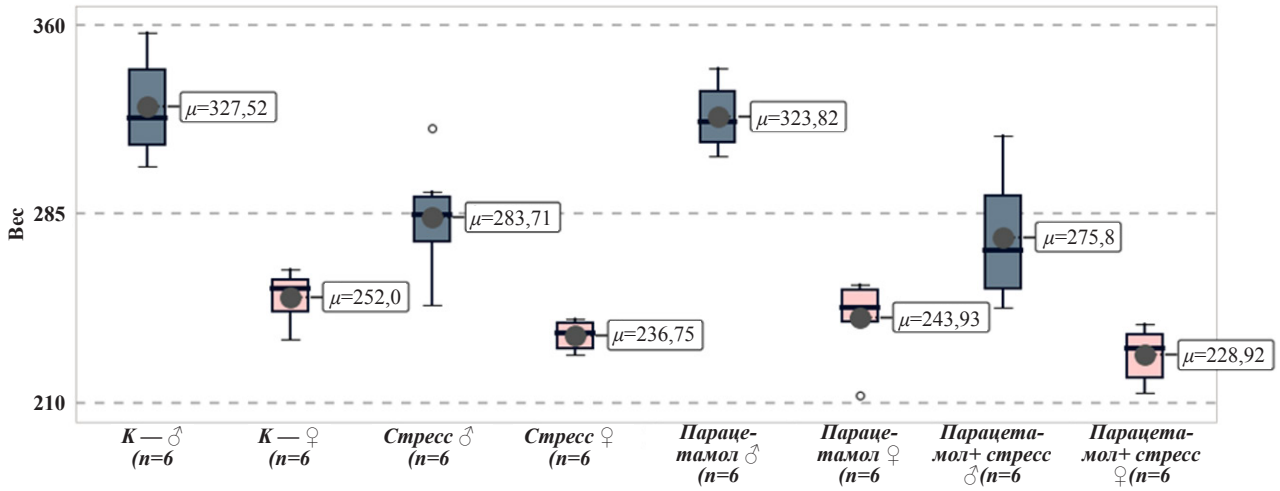


Рисунок 1 *— Масса тела самцов и самок в конце эксперимента.*

Figure 1 *— Body mass of males and females at the end of the experiment.*

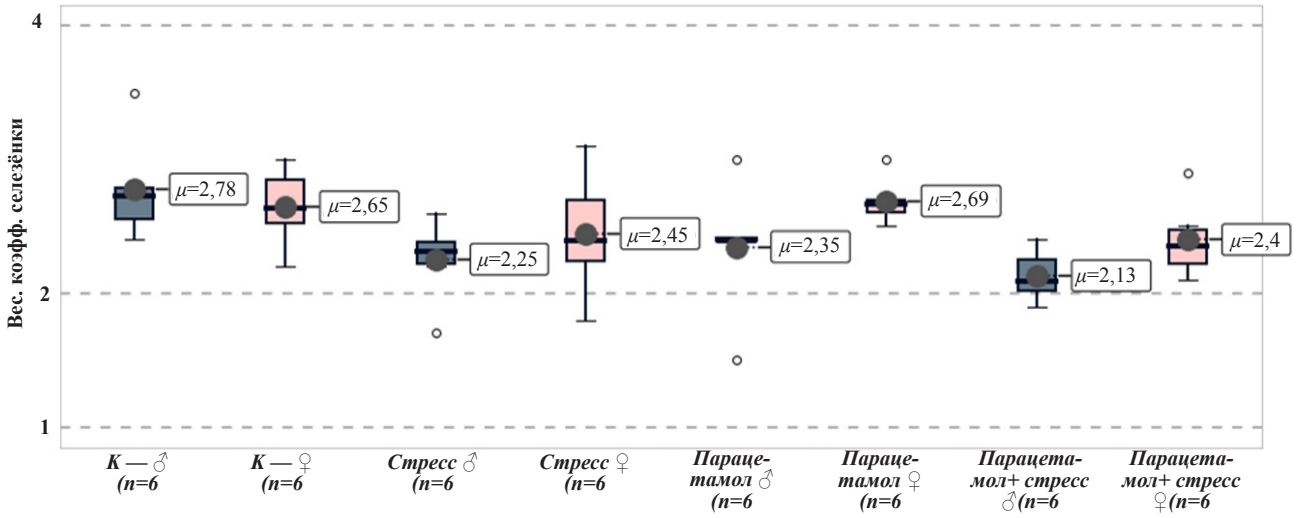


Рисунок 2 *— Весовой коэффициент селезёнки у самцов и самок.*
Figure 2 *— Spleen weight coefficient of males and females.*

Весовой коэффициент тимуса у самцов статистически не различался между группами (рис. 3). У самок наблюдалось достоверное снижение в группах «Парацетамол» (1,08; p=0,01) и «Парацетамол + стресс» (1,13; p=0,009) по сравнению с контролем (1,53). Полученные данные указывают на снижение весового коэффициента тимуса у самок при введении парацетамола, однако без оценки клеточного состава лимфоидной ткани и эндокринологических показателей эти изменения следует рассматривать как морфометрический признак, требующий дальнейшего функционального подтверждения.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Настоящее экспериментальное исследование демонстрирует выраженные иммуногематологические изменения при хроническом введении парацетамола у крыс, а также выявляет потенцирующее влияние хронического стресса на его эффекты [9]. Отмеченные различия между полами уточняют ранее недостаточно описанную внепечёночную токсичность парацетамола и значимость стресс-индуцированных модификаций иммунного ответа. Полученные данные указывают, что иммунная система является чувствительной мишенью для сочетанного воздействия поведенческого стресса и фармакологических нагрузок.

У самцов парацетамол в монотерапии сопровождался снижением количества эритроцитов и уровня гемоглобина, тогда как при сочетании со стрессом отмечалось повышение этих показателей по сравнению с изолированным введением препарата. Однако данные изменения не могут быть однозначно интерпретированы как проявление стресс-протективного действия парацетамола, поскольку в настоящем исследовании не проводилась оценка кортикостерона, АКТГ и половых стероидных гормонов. В связи с этим выявленные сдвиги следует рассматривать как изменение эритроцитарных и иммуногематологических показателей на фоне сочетанного воздействия, потенциально зависящее от полоспецифичных осо-

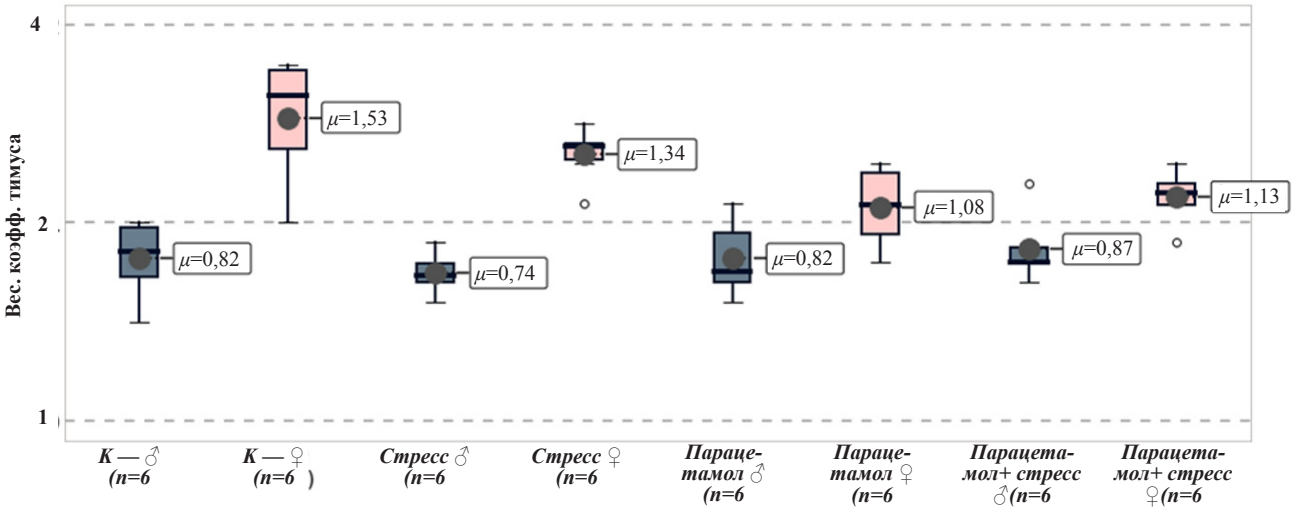


Рисунок 3 *— Весовой коэффициент тимуса у самцов и самок.*
Figure 3 *— Thymus weight coefficient of males and females.*

бенностей стресс-реакции. В то же время стресс достоверно снижал уровень лейкоцитов, указывая на иммунодепрессивный эффект хронической активации стресс-реализующих систем [10]. У самок эти сдвиги носили иной характер: ключевым маркером системной реакции стало снижение количества тромбоцитов, а уменьшение веса тимуса указывало на угнетение лимфоидного звена иммунитета вне зависимости от наличия стрессовой нагрузки [11].

Обнаруженные изменения могут быть связаны с участием нейроэндокринных механизмов стресс-реакции, однако в отсутствие прямого определения кортикостерона, АКТГ и половых стероидных гормонов данное предположение остаётся ограничением исследования и требует дальнейшего экспериментального подтверждения. Полученные результаты подчёркивают необходимость учитывать стресс-ассоциированные факторы при токсикологической оценке лекарственных препаратов.

Хроническое действие парацетамола вызывает значимые иммуногематологические изменения, отличающиеся по полу, включая снижение уровня гемоглобина у самцов и тромбоцитопению у самок.

Стресс сопровождался снижением содержания лейкоцитов у самцов, тогда как сочетание стресса с парацетамолом было ассоциировано с изменением эритроцитарных показателей; механизмы этих изменений требуют дальнейшего изучения с включением эндокринологических маркеров.

Необходимы дополнительные исследования для уточнения механизмов воздействия парацетамола, включая анализ клеточного состава иммунной системы, показателей гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, уровней половых стероидных гормонов и фазы эстрального цикла у самок.

PARACETAMOL AND STRESS: SEXUAL DIMORPHISM OF THE EFFECT ON THE THYMUS, SPLEEN, AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS

Yakupova T. G.[1] — Researcher (ORCID 0000-0002-1236-8246); **Gizatullina A. A.**[1] — Junior Researcher (ORCID 0000-0002-7321-0864); **Mukhamadieva G. F.**[1] — PhD, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-7456-4787); **Karimov D. D.**[1] – PhD, Senior Researcher (ORCID 0000-0002-1962-2323); **Khusnutdinova N. Yu.**[1] – Researcher (ORCID 0000-0001-5596-8180); **Smolyankin D. A.**[1] – Researcher (ORCID 0000-0002-7957-2399); **Karimov D. O.**[1,2] – PhD, Head, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-0039-6757); **Faizullina G. A.**[1] – Occupational Medicine Physician (ORCID 0009-0004-1819-8315).

[1]Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia.

[2]National Research Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia.

*soundes.akriche@yandex.ru.

ABSTRACT. *The immune system is one of the most sensitive targets of the stress response, as reflected by alterations in lymphoid organs and hematological parameters. Paracetamol, one of the most widely used analgesics, is traditionally studied as a hepatotoxic agent; however, its effects on immunohematological parameters remain insufficiently explored, especially in combination with chronic stress. The aim of the study was to assess the effects of 28-day administration of paracetamol (1000 mg/kg), including under conditions of chronic unpredictable stress, on body weight, thymus and spleen weight coefficients, and hematological parameters in male and female rats. In males, chronic stress caused a significant decrease in leukocyte count (to 5,7×10⁹/L; p=0,001), whereas paracetamol increased leukocyte levels compared to stress alone (p=0,001). Paracetamol reduced hemoglobin levels (129,5 g/L), while in combination with stress, hemoglobin was increased (141,1 g/L; p=0,001). In females, these changes were not observed; however, a significant decrease in platelet count was detected in all experimental groups (p=0,001). The thymus weight coefficient in females decreased after paracetamol administration (1,08; p 0,01), whereas in males it remained unchanged. A reduction in spleen weight coefficient was observed only in males under stress and combined exposure (p≤0,02).The data indicate a sex-dependent pattern of immunohematological changes associated with paracetamol administration, both alone and in combination with chronic stress. At the same time, the absence of endocrine parameter assessment does not allow the observed differences to be unequivocally interpreted as evidence of a stress-protective effect of paracetamol; these findings require further investigation with the inclusion of markers of hypothalamic-pituitary-adrenal and gonadal regulation.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Szabo S., Yoshida M., Filakovszky J., Juhasz G. «Stress» is 80 Years Old: From Hans Selye Original Paper in 1936 to Recent Advances in GI Ulceration. Curr Pharm Des. 2017; 23(27): 4029—4041. DOI: 10.2174/1381612823666170622110046.

2 McEwen B. S. Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load. Ann N Y Acad Sci. 1998 May 1; 840:

REFERENCES

1. Szabo S., Yoshida M., Filakovszky J., Juhasz G. «Stress» is 80 Years Old: From Hans Selye Original Paper in 1936 to Recent Advances in GI Ulceration. Curr Pharm Des. 2017; 23(27): 4029—4041. DOI: 10.2174/1381612823666170622110046.

2 McEwen B. S. Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load. Ann N Y Acad Sci. 1998 May 1; 840:

33—44. DOI: 10.1111/j.1749—6632. 1998.tb09546.x.

3. Chrousos G. P. Stress and disorders of the stress system. Nat Rev Endocrinol. 2009 Jul; 5(7): 374—81. DOI: 10.1038/nrendo.2009.106.

4. Tarcic N., Ovadia H., Weiss D. W., Weidenfeld J. Restraint stress-induced thymic involution and cell apoptosis are dependent on endogenous glucocorticoids. J Neuroimmunol. 1998 Feb; 82(1): 40—46. DOI: 10.1016/S0165—5728(97)00186-0.

5. Bangasser D. A., Valentino R. J. Sex differences in stress—related psychiatric disorders: neurobiological perspectives. Front Neuroendocrinol. 2014 Aug; 35(3): 303—19. DOI: 10.1016/j.yfrne.2014.03.008. Epub 2014 Apr 12.

6. Klein S. L., Flanagan K. L. Sex differences in immune responses. Nat Rev Immunol. 2016 Oct; 16(10): 626—38. DOI: 10.1038/nri.2016.90.

7. Clougherty J. E., Kubzansky L. D. A framework for examining social stress and susceptibility to air pollution in respiratory health. Environ Health Perspect. 2009 Sep; 117(9): 1351—8. DOI: 10.1289/ehp.0900612.

8. Prymula R., Siegrist C. A., Chlibek R., Zemlickova H., Vackova M., Smetana J., Lommel P,. Kaliskova E., Borys D., Schuerman L. Effect of prophylactic paracetamol administration at time of vaccination on febrile reactions and antibody responses in children: two open—label, randomised controlled trials. Lancet. 2009 Oct 17; 374(9698): 1339—50. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61208-3.

9. Matić M. M., Paunović M. G., Milošević M. D., Ognjanović B. I., Saičić Z. S. Hematoprotective effects and antioxidant properties of β—glucan and vitamin C against acetaminophen—induced toxicity: an experimental study in rats. Drug Chem Toxicol. 2021 May;44(3):302—309. DOI: 10.1080/01480545.2019.1587451.

10. Zhang C., Liu B., Pawluski J., Steinbusch H. W. M., Kirthana Kunikullaya U., Song C. The effect of chronic stress on behaviors, inflammation and lymphocyte subtypes in male and female rats. Behav Brain Res. 2023 Feb 15;439:114220. DOI: 10.1016/j.bbr.2022.114220.

11. Dadkhah A., Fatemi F., Kazemnejad S., Rasmi Y., Ashrafi-Helan J., Allameh A. Differential effects of acetaminophen on enzymatic and non-enzymatic antioxidant factors and plasma total antioxidant capacity in developing and adult rats. Mol Cell Biochem. 2006 Jan;281(1—2):145—52. DOI: 10.1007/s11010-006-0719-x.

33—44. DOI: 10.1111/j.1749—6632. 1998.tb09546.x.

3. Chrousos G. P. Stress and disorders of the stress system. Nat Rev Endocrinol. 2009 Jul; 5(7): 374—81. DOI: 10.1038/nrendo.2009.106.

4. Tarcic N., Ovadia H., Weiss D. W., Weidenfeld J. Restraint stress-induced thymic involution and cell apoptosis are dependent on endogenous glucocorticoids. J Neuroimmunol. 1998 Feb; 82(1): 40—46. DOI: 10.1016/S0165—5728(97)00186-0.

5. Bangasser D. A., Valentino R. J. Sex differences in stress—related psychiatric disorders: neurobiological perspectives. Front Neuroendocrinol. 2014 Aug; 35(3): 303—19. DOI: 10.1016/j.yfrne.2014.03.008. Epub 2014 Apr 12.

6. Klein S. L., Flanagan K. L. Sex differences in immune responses. Nat Rev Immunol. 2016 Oct; 16(10): 626—38. DOI: 10.1038/nri.2016.90.

7. Clougherty J. E., Kubzansky L. D. A framework for examining social stress and susceptibility to air pollution in respiratory health. Environ Health Perspect. 2009 Sep; 117(9): 1351—8. DOI: 10.1289/ehp.0900612.

8. Prymula R., Siegrist C. A., Chlibek R., Zemlickova H., Vackova M., Smetana J., Lommel P,. Kaliskova E., Borys D., Schuerman L. Effect of prophylactic paracetamol administration at time of vaccination on febrile reactions and antibody responses in children: two open—label, randomised controlled trials. Lancet. 2009 Oct 17; 374(9698): 1339—50. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)61208-3.

9. Matić M. M., Paunović M. G., Milošević M. D., Ognjanović B. I., Saičić Z. S. Hematoprotective effects and antioxidant properties of β—glucan and vitamin C against acetaminophen—induced toxicity: an experimental study in rats. Drug Chem Toxicol. 2021 May;44(3):302—309. DOI: 10.1080/01480545.2019.1587451.

10. Zhang C., Liu B., Pawluski J., Steinbusch H. W. M., Kirthana Kunikullaya U., Song C. The effect of chronic stress on behaviors, inflammation and lymphocyte subtypes in male and female rats. Behav Brain Res. 2023 Feb 15;439:114220. DOI: 10.1016/j.bbr.2022.114220.

11. Dadkhah A., Fatemi F., Kazemnejad S., Rasmi Y., Ashrafi-Helan J., Allameh A. Differential effects of acetaminophen on enzymatic and non-enzymatic antioxidant factors and plasma total antioxidant capacity in developing and adult rats. Mol Cell Biochem. 2006 Jan;281(1—2):145—52. DOI: 10.1007/s11010-006-0719-x.

УДК: 636.2.034+636.08
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.228

ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ПРИ ЗАМЕНЕ В РАЦИОНЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ОПРЕДЕЛЕННЫХ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Зайцев С. Ю.* — д-р хим. наук, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., руководитель группы аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-1533-8680); **Колесник Н. С.** — канд. биол. наук, стар. науч. сотр., отд. физиологии и биохимии с/х животных (ORCID: 0000-0002-4267-5300); **Савина А. А.** — науч. сотр., гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Воронина О. А.** — канд. биол. наук, вед. науч. сотр., гр. аналитической биохимии (ORCID 0000-0002-6774-4288).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста».

*s.y.zaitsev@mail.ru.

Ключевые слова: *птицеводство, пищеварение птицы, Смена 9, биохимия антиоксидантный статус крови.*

Key words: *poultry farming, poultry digestion, Shift 9, biochemistry, antioxidant status of blood.*

Финансирование: *Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-16-00095, https://rscf.ru/project/25-16-00095/.*

Благодарности: *заведующему кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, проф., д-ру биол. наук В. Г. Вертипрахову и его сотрудникам А. В. Кралининой и В. В. Лопатиной за помощь в работе.*

Поступила в редакцию / Received: 20.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Включение рапса в рацион бройлеров позволяет повысить уровень протеина без увеличения объема корма, но антипитательные компоненты рапса могут оказывать влияние на морфологические показатели крови: глюкозинолаты подавляют функцию щитовидной железы, опосредованно влияя на эритропоэз, а фитиновая кислота нарушает усвоение железа и меди, необходимых для синтеза гемоглобина. Таким образом, этот анализ необходим для оценки физиологического состояния птицы при добавлении семян рапса в различных дозах. Целью работы было изучение морфологических показателей крови при замене в рационе цыплят-бройлеров определенных белковых компонентов. При замене 10% от массы корма существенных изменений морфологического состава крови не было, уменьшалось количество базофилов на 20,7 %, что может положительно сказываться на иммунном статусе организма цыплят-бройлеров. При замене в рационе 25 % и 50 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2 % и на 32,3 %, соответственно, но показатели находятся в пределах референсных значений, поэтому не могут оцениваться в качестве симптома, сопровождающего отклонения в организме. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 и 4 опытных группах на 48,1 % и на 36,4 %, что остается в пределах физиологической нормы и только косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы. Для составления практических рекомендаций по кормлению цыплят-бройлеров добавкой рапса в разных дозировках необходима комплексная оценка морфологических показателей, биохимических анализов крови и химуса.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Добавление рапса в рацион животных распространенная в кормлении практика [1]. Она направлена на увеличение количества поступающих в организм протеинов при этом, суточное потребление корма остается прежним. Кроме семян рапса в кормлении цыплят-бройлеров используют: сырой и ферментированный рапсовый жмых, рапсовую муку [2]. Однако содержащиеся в рапсе антипитательные вещества, а также специфический профиль жирных кислот, могут существенно повлиять на метаболические процессы животных, что повлечет за собой изменение морфологических показателей крови [3—6].

Глюкозинолаты под воздействием фермента мирозиназы гидролизуются до более простых токсичных соединений, нитрилов, тиоцианатов, изотиоцианатов, замедляющих процесс поглощения йода щитовидной железой и способствующих развитию гипотиреоза [1—4]. Гормоны Т3 и Т4 являются основными регуляторами обменных процессов и, в частности, влияют на эритропоэз, соответственно, уменьшение их содержания в крови может привести к угнетению синтеза эритропоэтина в почках, что должно будет отразиться на таких показателях, как количество эритроцитов и уровень гемоглобина [5—7].

Фитиновая кислота в свою очередь обладает способностью хелатировать в желудочно-кишечном тракте любые двухвалентные катионы, к

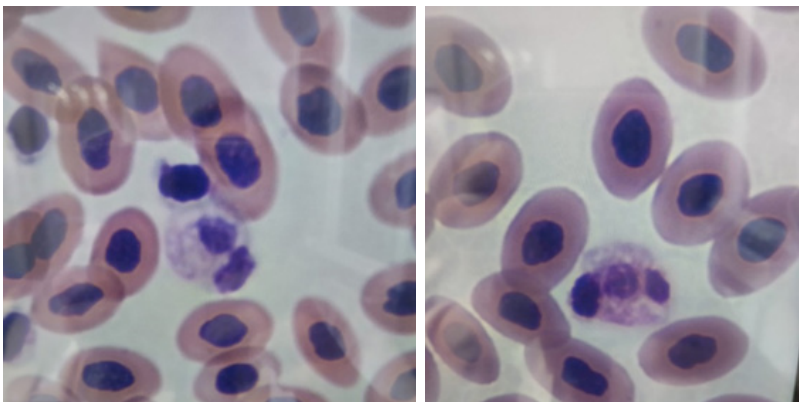


Рисунок 1 *— Эритроциты и гетерофил в крови цыплят-бройлеров, окрашенные по методу Паппенгейма-Крюкова.*

Figure 1 *— Erythrocytes and a heterophil in broiler chicken blood, stained using the Pappenheim-Kryukov method.*

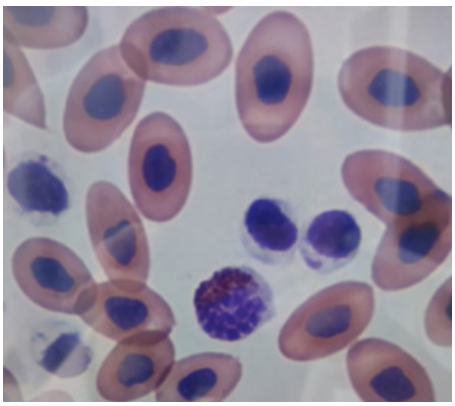


Рисунок 2 *— Эритроциты, тромбоциты и базофил в крови цыплят-бройлеров.*

Figure 2 *— Erythrocytes, thrombocytes, and a basophil in broiler chicken blood.*

которым относятся катион железа, являющийся основным компонентом гема, и катион меди, кофактор ферментов метаболизма железа [8].

Таким образом, изучение морфологических показателей крови бройлеров при добавлении в рацион долей рапса, превышающих рекомендуемые нормы, является важным этапом на пути понимания влияния антипитательных веществ на кислородотранспортную функцию и иммунный статус организма.

Целью работы было изучение морфологических показателей крови при замене в рационе цыплят-бройлеров определенных белковых компонентов.

Основные задачи:

1. Изучить влияние вводимых в рацион семян рапса, превышавших рекомендуемые нормы в несколько раз, на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров.

2. Выполнить статистическую обработку, проанализировать полученные результаты и подготовить заключение по данному этапу для отчета.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS.

Физиологические опыты. Предварительно фистулированные цыплята были разделены на 5 групп, 10 голов в контрольной группе, по 5 голов в каждой опытной группе. Условия кормления для этих групп в эксперименте: 1 контрольная группа — получала основной рацион; 2 опытная — получала основной рацион с добавлением 10 % семян рапса; 3 опытная группа — 25 % семян рапса; 4 опытная группа — получала основной рацион с добавлением 50 % семян рапса; 5 опытная группа — получала основной рацион с добавлением 75 % семян рапса.

Кровь (1,5—2,0 мл) отбирали в конце каждой серии эксперимента в утренние часы в состоянии натощак из подкрыльцовой вены с помощью тонкой медицинской иглы (П-02).

Морфологические исследования крови. Определяли показатели количества лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина при помощи полуавтономного морфологического анализатора MicroCC-20Plus. Подготовку мазков крови для подсчета лейкоцитарной формулы проводили по методу Паппенгейма-Крюкова, предполагающего комбинированную окраску мазков крови фиксатором-красителем Мая-Грюнвальда и красителем Романовского-Гимза. Сначала сухой мазок покрывали 2 мл готовой краски Мая-Грюнвальда с фиксирующим агентом и оставляли на 5—10 мин, а затем, не высушивая, на мазок наливали краску Романовского-Гимзы на 15—20 мин, после чего смывали ее дистиллированной водой и высушивали препарат на воздухе (рис. 1, 2) [9].

Таблица 1 — Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5), 1 серия

Table 1 — Morphological blood parameters of broiler chickens fed diets containing various doses of rapeseed (n=5), Series 1

Показатель	Группа			
	Контрольная	2 опытная (25%)	3 опытная (50%)	4 опытная (75%)
Количество лейкоцитов, х10^9/л	34±3,9	**20±2,6[a]**	**23±2,8[a]**	26±3,8
Эритроциты, х10^12/л	2,6±0,29	2,6±0,10	2,5±0,12	2,3±0,08
Гемоглобин, г/л	105±17,2	84±4,8	78±2,9	87±5,2
Гематокрит,%	32±3,8	30±0,7	29±1,2	28±0,7

Примечание *[a] — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при p<0,05.*

Таблица 2 —Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 2 серия

Table 2 —Morphological blood parameters of broiler chickens fed diets containing various doses of rapeseed (n=5), Series 2

Показатель	Группа	
	Контрольная	1 опытная (10 %)
Количество лейкоцитов, х10ˆ9/л	33±2,1	30±3,2
Эритроциты, х10ˆ12/л	2,8±0,27	2,3±0,25
Гемоглобин, г/л	105±17,2	79±7,6
Гематокрит,%	32±3,8	29±2,5

Примечание [a] *— различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при p<0,05.*

Весь цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики с использованием t-критерия и таблиц Стьюдента программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. С учетом того, что дозы, вводимых в рацион семян рапса превышали рекомендуемые нормы в несколько раз, была поставлена задача изучить влияние данного фактора на морфологические показатели крови. Результаты представлены в табл. 1—4.

Данные таблицы показали, что при замене в рационе 25 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2 %, что находится в границах физиологической нормы [10]. При этом соотношение лимфоцитов и гетерофилов, остальных гематологических показателей крови существенно не изменяется. При замене 50 % от массы корма на семена рапса содержание лейкоцитов в крови бройлеров снижалось на 32,3 % (p<0,05), количество лимфоцитов снижалось на 13,6 % (p<0,05) по сравнению с контрольной группой, при этом все показатели остались в пределах референсных значений, что согласуется с данными Севостьяновой О. И. и др., 2020 [11].

Данные таблицы показали, что замена в рационе цыплят-бройлеров 10 % от массы корма семенами рапса не оказывает существенного влияния на морфологический состав крови.

При замене 25 % соотношение лимфоцитов и гетерофилов, остальных гематологических показателей крови существенно не изменяется. При замене 50 % от массы корма наблюдается снижение количества лимфоцитов на 13,6 % (p<0,05) по сравнению с контрольной группой, но показатель остается в пределах физиологической нормы, а также соотношения между лимфоцитами и гетерофилами, что может указывать на стрессовый фактор или активную работу иммунной системы по защите организма [12]. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 опытной группе на 48,1 % и на 36,4 % в 4 опытной группе, что остается в пределах физиологической нормы по содержанию в крови гранулоцитов, но косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы [13].

При замене 10 % от массы корма уменьшается количество базофилов на 20,69 % по сравнению с контрольной группой, что следует рассматривать, как положительный момент в лейкоформуле у цыплят [14]. Стабильность показателей эозинофилов и моноцитов говорит об отсутствии влияния добавки на паразитарный иммунитет и систему мононуклеарных фагоцитов в крови цыплят бройлеров.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION.

1. Выполнен морфологический анализ крови, полученной в эксперименте от 30 цыплят-бройле-

Таблица 3 — Лейкоцитарная формула крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 1-я серия

Table 3 — Leukocyte formula of broiler chicken blood with the inclusion of different doses of rapeseed in the diet (n=5), Series 1

Показатель	Группа			
	Контрольная	2 опытная (25%)	3 опытная (50%)	4 опытная (75%)
Лимфоциты, %	56,0±1,10	56,3±0,54	48,8±0,70[a]	52,7±1,02
Гетерофилы, %	24,5±0,21	23,0±0,95	26,8±0,95	25,0±1,02
Соотношение лимфоцитов к гетерофилам	2,22	2,42	1,82	2,1
Базофилы,%	5,8±0,21	5,2±0,21	5,8±0,54	4,7±0,23[a]
Эозинофилы,%	7,0±1,3	10,0±0,50	13,5±0,50[a]	11,0±0,40[a]
Моноциты,%	5,8±0,65	5,3±0,41	5,3±0,54	6,7±0,47

Примечание [a] *— различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при p<0,05.*

Таблица 4 — Лейкоцитарная формула крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе разных доз семян рапса (n=5) 2-я серия

Table 4 — Leukocyte formula of broiler chicken blood with the inclusion of various doses of rapeseed in the diet (n=5), Series 2

Показатель	Группа	
	Контрольная	1 опытная (10%)
Лимфоциты, %	51,7±4,27	49,6±2,70
Гетерофилы, %	32,2±4,44	35,9±2,40
Соотношение лимфоцитов к гетерофилам	1,61	1,38
Базофилы,%	2,9±1,79	2,3±0,41[a]
Эозинофилы,%	7,3±2,05	7±0,6
Моноциты,%	5,8±2,57	5,5±0,63

Примечание *[a] — различие статистически значимо по сравнению с контрольной группой, при p<0,05.*

ров с фистулой 12-перстной кишки при использовании в рационе разного количества семян рапса.

2. Представлены данные статистической обработки данных, указаны статистически значимые различия между показателями в одной группе цыплят и между разными группами.

3. При замене 10 % от массы корма существенных изменений морфологического состава крови не было, уменьшалось количество базофилов на 20,69 %, что может положительно сказываться на иммунном статусе организма цыплят-бройлеров. При замене в рационе 25 % и 50 % от массы корма семенами рапса снижается количество лейкоцитов на 41,2 % и на 32,3 %, соответственно, но показатели находятся в пределах референсных значений, поэтому не могут оцениваться в качестве симптома, сопровождающего отклонения в организме. Количество эозинофилов увеличивалось в 3 и 4 опытных группах на 48,1 % и на 36,4 %, что остается в пределах физиологической нормы и только косвенно может указывать на воспалительный процесс в организме птицы.

4. Для составления практических рекомендаций по кормлению цыплят-бройлеров добавкой рапса в разных дозировках необходима комплексная оценка морфологических показателей, биохимических анализов крови и химуса.

MAIN MORPHOLOGICAL INDICATORS OF BLOOD BY REPLACING CERTAIN PROTEIN COMPONENTS IN THE DIET OF BROILER CHICKENS

Zaitsev S. Yu.* — Doctor of Chemical Sciences, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of the Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-1533-8680); **Kolesnik N. S.** — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals (ORCID 0000-0002-4267-5300); **Savina A. A.** — Researcher, Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0003-0257-1643); **Voronina O. A.** — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Analytical Biochemistry Group (ORCID 0000-0002-6774-4288).

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst.

*s.y.zaitsev@mail.ru.

Funding: this study was supported by Russian Science Foundation, grant No. 25-16-00095, https://rscf.ru/project/25-16-00095/.

Acknowledgments: to Professor V. G. Vertiprakhov, Head of the Department of Animal Physiology, Ethology, and Biochemistry at the K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy, and Doctor of Biological Sciences, and his staff members A. V. Kralinina and V. V. Lopatina for their assistance with this work.

ABSTRACT. *Including rapeseed in broiler diets increases protein levels without increasing feed volume. However, anti-nutritional components of rapeseed can affect blood morphological parameters: glucosinolates suppress thyroid function, indirectly affecting erythropoiesis, while phytic acid impairs the absorption of iron and copper, which are necessary for hemoglobin synthesis. Therefore, this analysis is necessary to assess the physiological state of birds when adding rapeseed at various doses. The aim of this study was to examine blood morphological parameters after replacing specific protein components in the broiler chicken diet. A 10 % feed replacement did not significantly alter blood morphological composition; basophil counts decreased by 20,7 %, which may positively impact the immune status of broiler chickens. Replacing 25 % and 50 % of the feed weight with rapeseed in the diet resulted in a 41,2 % and 32,3 % reduction in white blood cell counts, respectively. However, these values are within reference limits and therefore cannot be considered a symptom of abnormalities.*

Eosinophil counts increased in experimental groups 3 and 4 by 48,1 % and 36,4 %, respectively, which remains within physiological norms and can only indirectly indicate an inflammatory process in the bird's body. To develop practical recommendations for feeding broiler chickens with rapeseed supplements at various dosages, a comprehensive assessment of morphological parameters, blood biochemistry, and chyme analysis is necessary.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воловик В. Т., Шпаков А. С. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы //Кормопроизводство. — 2020. — №. 10. — С. 3—8. DOI: 10.25685/krm.2020.83.54.001.

2. Gao M., Cieślak A., Kierończyk B., Huang H., Yanza Y. R., Zaworska-Zakrzewska A., Józefiak D., Szumacher-Strabel M. Effects of Raw and Fermented Rapeseed Cake on Growth Performance, Methane Production, and Breast Meat Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. Animals. 2020; 10(12):2250. DOI: 10.3390/ani10122250.

3. Tripathi, M.K. & Mishra, A.. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology — ANIM FEED SCI TECH. 132. 1—27. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003.

4. Mawson R., Heaney R. K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 5. Animal reproduction. Nahrung. 1994;38(6):588—98. DOI: 10.1002/food.19940380607. PMID: 7838215.

5. Schöne F., Tischendorf F., Leiterer M., Hartung H., Bargholz J. Effects of rapeseed-press cake glucosinolates and iodine on the performance, the thyroid gland and the liver vitamin A status of pigs. Arch Tierernahr. 2001;55(4):333—50. DOI: 10.1080/17450390109386201. PMID: 12357593.

6. Севостьянова, О. И. Морфологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при введении в рацион разработанного агрегативноустойчивого витаминно—минерального комплекса на основе селена в условиях смоделированного теплового стресса / О. И. Севостьянова, В. А. Оробец, Е. А. Соколова, Е. С. Кастарнова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2020. — № 2. — С. 24—26. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26. УДК 619:546.23.

7. Davila S. G. Association between Vent Pecking and Fluctuating Asymmetry, Heterophil to Lymphocyte Ratio, and Tonic Immobility Duration in Chickens / S. G. Davila, J. L. Campo, M. G. Gil [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. — 2008. — Vol. 116, iss. 2—4. — P. 209—217. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.08.013.

8. Веретенникова, М. А. Особенности клеточного состава крови бройлеров кросса Смена 9 / М. А. Верепенникова, С. А. Гриценко // Вестник Южно—Уральского государственного аграрного университета. — 2023. — № 1. — С. 50—58.

REFERENCES

1. Volovik V. T., Shpakov A. S. Rapeseed production in Central Russia: status and prospects // Forage production. — 2020. — No. 10. — P. 3—8. DOI: 10.25685/krm.2020.83.54.001.

2. Gao M., Cieślak A., Kierończyk B., Huang H., Yanza Y. R., Zaworska-Zakrzewska A., Józefiak D., Szumacher-Strabel M. Effects of Raw and Fermented Rapeseed Cake on Growth Performance, Methane Production, and Breast Meat Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. Animals. 2020; 10(12):2250. DOI: 10.3390/ani10122250.

3. Tripathi, M.K. & Mishra, A.. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology — ANIM FEED SCI TECH. 132. 1—27. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.03.003.

4. Mawson R., Heaney R. K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part 5. Animal reproduction. Nahrung. 1994;38(6):588—98. DOI: 10.1002/food.19940380607. PMID: 7838215.

5. Schöne F., Tischendorf F., Leiterer M., Hartung H., Bargholz J. Effects of rapeseed-press cake glucosinolates and iodine on the performance, the thyroid gland and the liver vitamin A status of pigs. Arch Tierernahr. 2001;55(4):333—50. DOI: 10.1080/17450390109386201. PMID: 12357593.

6. Sevostyanova, O. I. Morphological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when introducing into the diet the developed aggregation—stable vitamin—mineral complex based on selenium under conditions of simulated heat stress / O. I. Sevostyanova, V. A. Orobets, E. A. Sokolova, E. S. Kastarnova // Veterinary science, animal science and biotechnology. — 2020. — No. 2. — P. 24—26. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26. UDC 619:546.23.

7. Davila S. G. Association between Vent Pecking and Fluctuating Asymmetry, Heterophil to Lymphocyte Ratio, and Tonic Immobility Duration in Chickens / S. G. Davila, J. L. Campo, M. G. Gil [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. — 2008. — Vol. 116, iss. 2—4. — P. 209—217. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.08.013.

8. Veretennikova, M. A. Features of the cellular composition of the blood of broilers of the Smena 9 cross / M. A. Verepennikova, S. A. Gritsenko // Bulletin of the South Ural State Agrarian University. — 2023. — No. 1. — P. 50—58.

УДК: 619:616.33-002.44-085.373.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.233

ВЛИЯНИЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ ПРОТИВ ФНОα НА УРОВНИ ЦИТОКИНОВ ПРИ ЯЗВЕННОМ ГАСТРИТЕ У ЛОШАДЕЙ

Акриче С.*[1] — асп. каф. патологической физиологии (ORCID 0009-0008-7849-5820); **Крячко О. В.**[1] — д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. патологической физиологии (ORCID 0000-0002-8996-8522); **Леткин А. И.**[2] — д-р ветеринар. наук, доцент, проф., каф. морфологии, физиологии и ветеринарной патологии (ORCID 0000-0002-5333-3744).

[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

[2]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

*soundes.akriche@yandex.ru.

Ключевые слова: *лошади, язвенный гастрит, лечение, моноклональные антитела против ФНОα, иммунитет, цитокины.*

Key words: *Horse, gastric ulcer (EGUS), Treatment, Anti-TNFα monoclonal antibodies, Immunity, Cytokines.*

Поступила в редакцию / Received: 15.12.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Язвенный гастрит — широко распространённое заболевание, поражающее до 90 % спортивных лошадей и характеризующееся эрозивными поражениями слизистой оболочки желудка на фоне хронического воспаления. Традиционная терапия ингибиторами протонной помпы (омепразол) подавляет желудочную кислотность, однако не устраняет иммунную дисрегуляцию, лежащую в основе патогенеза заболевания. Дисбаланс цитокинов — повышение уровня провоспалительных медиаторов (фактор некроза опухоли альфа — ФНОα, интерлейкин-1β — ИЛ-1β, интерлейкин-6 — ИЛ-6) при снижении противовоспалительных сигналов (интерлейкин-4 — ИЛ-4, интерлейкин-10 — ИЛ-10) — рассматривается как ключевой механизм хронизации процесса. Цель исследования — оценить эффективность таргетной антицитокиновой терапии моноклональными антителами против ФНОα в качестве дополнения к стандартной терапии язвенного гастрита. В исследование включены 30 лошадей с эндоскопически подтверждённым диагнозом, разделённых на контрольную (омепразол 4 мг/кг/24 ч, n=15) и опытную группу (омепразол 4 мг/кг/24 ч + однократное внутривенное введение моноклональных антител против ФНОα 5 мг/кг, n=15). Уровни сывороточных цитокинов (ФНОα, ИЛ-1β, ИЛ-6, ИЛ-4, ИЛ-10) определяли методом иммуноферментного анализа до начала лечения, через 6 ч, 24 ч и 8 суток. В опытной группе зафиксировано быстрое и выраженное подавление выработки провоспалительных цитокинов: ФНОα снизился на 96 % к 24 ч, ИЛ-1β — на 82 %, ИЛ-6 — на 80 % (p<0,001). Одновременно отмечено нарастание противовоспалительного ответа: уровни ИЛ-4 и ИЛ-10 возросли на 75 % и 68 % соответственно к 8-м суткам. Соотношение ФНОα/ИЛ-10 снизилось в 50 раз, свидетельствуя о восстановлении иммунного гомеостаза. В контрольной группе значимой динамики цитокинов не выявлено. Таргетная антицитокиновая терапия моноклональными антителами против ФНОα представляет собой перспективный иммуномодулирующий подход к лечению язвенного гастрита, восполняя существующий терапевтический пробел.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Язвенный гастрит — широко распространённое заболевание, поражающее до 90% спортивных лошадей, характеризующееся эрозивными поражениями слизистой оболочки желудка и хроническим воспалением [1,2]. Традиционные терапевтические средства, такие как ингибиторы протонной помпы (например, омепразол), направлены на подавление кислотности, но не устраняют лежащую в основе иммунную дисрегуляцию, которая поддерживает повреждение слизистой оболочки [3,4]. Появляющиеся данные свидетельствуют о том, что дисбаланс цитокинов, характеризующийся повышенным уровнем провоспалительных медиаторов (фактор некроза опухоли альфа — ФНОα, интерлейкин-1β — ИЛ-1β, интерлейкин-6 — ИЛ-6) и сниженными противовоспалительными сигналами (интерлейкин-4 — ИЛ-4, интерлейкин-10 — ИЛ-10), является ключевым звеном патогенеза язвенного гастрита [5,6]. Эта иммунологическая перспектива согласуется с данными в гастроэнтерологии как в гуманной, так и ветеринарной медицины, где антицитокиновая терапия произвела революцию в лечении хронических воспалительных состояний [7].

Ограничения современных методов лечения язвенного гастрита двояки. Во-первых, подавление кислотности само по себе не останавливает воспалительный каскад, что приводит к высокой частоте рецидивов [8, 9]. Во-вторых, длительное

применение омепразола может нарушать моторику желудочно-кишечного тракта и микробиом кишечника, усугубляя вторичные осложнения [1]. Эти проблемы требуют альтернативных мер, нацеленных на иммунный компонент язвенного гастрита. Применение моноклональных антител против ФНОα показало эффективность при воспалительных заболеваниях кишечника у человека за счёт нейтрализации провоспалительных цитокинов и стимуляции заживления слизистой оболочки [10,11]. Однако потенциал применения моноклональных антител против ФНОα в ветеринарной медицине у лошадей остаётся малоизученным.

Мы предполагаем, что таргетная антицитокиновая терапия с использованием моноклональных антител против ФНОα в качестве дополнения к омепразолу может восстановить цитокиновое равновесие при язвенном гастрите, тем самым ускоряя заживление язв и снижая частоту рецидивов. Эта гипотеза основана на предыдущих наблюдениях, что ингибирование ФНОα уменьшает проявление гастритов у других видов [6, 12]. Цель нашего исследования — оценить эффективность применения моноклональных антител против ФНОα в качестве адъювантной терапии язвенного гастрита у лошадей путем анализа его влияния на системные профили цитокинов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В исследовании участвовали 30 лошадей с эндоскопически подтвержденным язвенным гастритом. Животные были отобраны с частных ферм одного из регионов республики Алжир (возраст 3—12 лет; породы: чистокровная арабская, берберийская, арабо-берберская) и распределены в контрольную группу, получавшую стандартную терапию омепразолом (4 мг/кг/24 ч, перорально, в течение 28 суток), и опытную группу, получавшую омепразол (4 мг/кг/24 ч, перорально, в течение 28 суток) и однократную инфузию внутривенно моноклональных антител против ФНОα (5 мг/кг) в первые сутки лечения. Диагноз язвенный гастрит верифицирован эндоскопически с применением гибкого видеоэндоскопа длиной 3 м (Karl Storz, Германия) по стандартному протоколу гастроскопии лошадей после 12-часового голодания (рис. 1). Эндоскопическая оценка степени поражения слизистой оболочки желудка проводилась по 4-балльной шкале (0—4) [15]. Венозную кровь отбирали из яремной вены (*v. jugularis*) до начала лечения, через 6 ч, 24 ч и 8 суток после начала терапии. Объём каждого забора составлял 10 мл. Кровь собирали в пробирки без антикоагулянта (для получения сыворотки) с последующим центрифугированием при 3000 об/мин в течение 15 мин. Сыворотку аликвотировали и хранили при −80°C до проведения анализа. Транспортировка образцов осуществлялась в термоконтейнерах при температуре +4°C в течение не более 4 часов. Уровни сывороточных цитокинов количественно определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА/ELISA) с использованием коммерческих наборов Equine Cytokine ELISA Kit (MyBioSource, США; кат. № MBS2507393 для ФНОα, MBS2507394 для ИЛ-1β, MBS2507395 для ИЛ-6, MBS2507396 для ИЛ-4 и MBS2507397 для ИЛ-10) на микропланшетном ридере Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, США) при длине волны 450 нм. Определяли уровни ФНОα, ИЛ-1β, ИЛ-6, ИЛ-4 и ИЛ-10 до начала лечения, спустя 6 ч, 24 ч и 8 суток. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического (M) и стандартной ошибки средней (SEM). Статистический анализ полученных результатов проводили с использованием программного пакета SPSS 26.0: дисперсионный анализ с повторными измерениями (ANOVA), непараметрический критерий Манна–Уитни для межгрупповых сравнений и точный критерий Фишера при уровне значимости $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Анализ полученных данных (табл. 1) выявил статистически значимое ($p<0,001$) взаимодействие факторов «время × лечение» между экспериментальной и контрольной группами [1, 2]. В группе животных, получавших моноклональные антитела против ФНОα в дополнение к омепразолу, произошло быстрое и выраженное снижение концентрации ФНОα в сыворотке крови. Уже через 6 часов после введения уровень ФНОα уменьшился на 78,0 % от исходного значения (894,1±179,2 пг/мл → 196,7±42,1 пг/мл), достигнув максимального подавления на 96,9 % к 24 часам (27,8±3,7 пг/мл) и сохраняясь на низком уровне в течение 8 суток (44,9±8,6 пг/мл; 95,0% снижение от исходного).

Аналогичные тенденции наблюдались в отношении других провоспалительных цитокинов в экспериментальной группе. Содержание ИЛ-1β последовательно снижалось на 62,0 % через 6 часов, на 82,0 % через 24 часа и на 84,5 % через 8

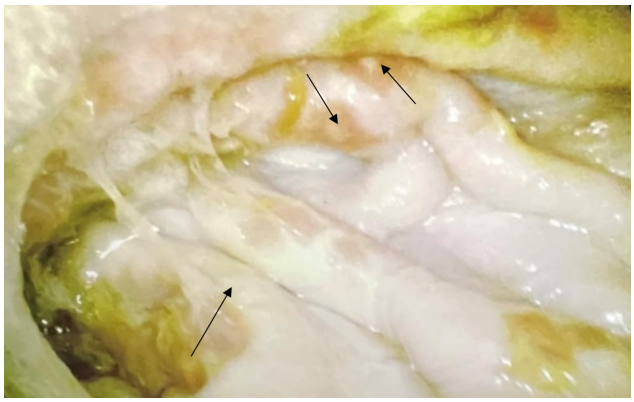


Рисунок 1 *— Эндоскопия желудка лошади до лечения. Видны множественные язвы 3 степени с активной геморрагией, интенсивной гиперемией и коричневым налетом на дне дефектов. Локализация: пилорическая часть желудка.*

Figure 1 *— Endoscopy of a horse's stomach before treatment. Multiple grade 3 ulcers with active hemorrhage, intense hyperemia, and a brown coating at the base of the defects are visible. Location: pyloric region of the stomach.*

суток (с исходных 128,6±31,4 пг/мл до финальных 19,9±4,0 пг/мл). Концентрация ИЛ-6 демонстрировала сходную динамику снижения: на 57,9 %, 79,9 % и 84,0 % в указанные временные интервалы соответственно (с 76,3±15,3 пг/мл до 12,2±2,4 пг/мл к 8-му дню) [3,4]. В контрольной группе, напротив, показатели всех провоспалительных цитокинов оставались неизменными на протяжении всего периода наблюдения (вариация <15 % во все временные точки, p>0,05), что убедительно подтверждает отсутствие спонтанной регрессии воспалительного процесса без целенаправленного таргетного воздействия на ФНОα [5,6].

Эти данные демонстрируют, что изолированное применение омепразола, хотя и подавляет желудочную кислотность, не способно восстановить цитокиновый баланс, лежащий в основе хронического воспаления при язвенном гастрите. Напротив, блокада ФНОα моноклональными антителами обеспечивает быструю и эффективную нейтрализацию ключевого провоспалительного медиатора, инициируя каскадное подавление нижестоящих цитокиновых сигналов. Параллельно подавлению провоспалительных медиаторов в группе, получавшей моноклональные антитела, произошла значительная модуляция противовоспалительного иммунного ответа. Содержание ИЛ-4 увеличилось на 37,8 % от исходного значения (3,112±0,62 пг/мл → 4,289±0,86 пг/мл) уже в первые 6 часов лечения, достигло максимума к 24 часам (5,467±1,09 пг/мл; +75,7%) и затем частично снизилось к 8-му дню (4,156±0,83 пг/мл; +33,5 % выше исходного уровня), статистически значимо отличаясь от контрольной группы (p<0,001) [7,8].

Концентрация ИЛ-10 в экспериментальной группе также значительно возросла в сравнении с контрольной: на 65,7 % через 6 часов (4,785±0,96 пг/мл → 7,931±1,59 пг/мл), 67,9 % через 24 часа (8,032±1,61 пг/мл) и оставалось на уровне 54,8 % выше исходного к 8-му дню (7,408±1,49 пг/мл). В контрольной группе показатели ИЛ-4 и ИЛ-10 демонстрировали лишь минимальные колебания (<5 %) на протяжении всего периода наблюдения, указывая на отсутствие значимой активации компенсаторных противовоспалительных механизмов при монотерапии с использованием омепразола [9, 10].

Задержка повышения противовоспалительных цитокинов на 24——48 часов по сравнению с нейтрализацией ФНОα позволяет предположить их вторичный, компенсаторный характер, связанный со снижением интенсивности воспалительного ответа. Эта временная кинетика согласуется с наблюдениями при воспалительных заболеваниях кишечника у человека, где цитокиновая переориентация происходит в две фазы: острая нейтрализация первичного медиатора, затем адаптивная активация противовоспалительных путей [11, 12].

Расчёт соотношений провоспалительных и противовоспалительных цитокинов наглядно демонстрирует критическое переключение иммунного ответа с провоспалительного профиля на противовоспалительный в группе животных, получавших моноклональные антитела [2, 3]. Соотношение ФНОα/ИЛ-10 в экспериментальной группе резко снизилось на 86,7 % через 6 часов (с 186,9 до 24,8) и на 98,1 % к 24-часовой отметке (до 3,5), оставаясь на минимальном уровне (6,1) к 8-му дню. Это представляет почти полную нейтрализацию ключевого провоспального медиатора и доминирование противовоспалительного фона, что критически важно для разрешения воспаления и инициации репаративных процессов. В физиологическом смысле такое снижение соотношения отражает восстановление иммунного

Таблица 1 — Уровни провоспалительных цитокинов в сыворотке крови лошадей после введения моноклональных антител против ФНОα (M ± SEM, n = 15)

Table 1 — Levels of proinflammatory cytokines in the blood serum of horses after administration of monoclonal antibodies against TNFα (M ± SEM, n = 15)

Цитокин	Исходный уровень	Через 6 часов	Через 24 часа	Через 8 суток
ФНОα (пг/мл)	894,1 ± 179,2 854,2 ± 170,8	196,7 ± 42,1* 872,4 ± 174,5	27,8 ± 3,7* 901,3 ± 180,3	44,9 ± 8,6* 883,1 ± 176,6
ИЛ-1β (пг/мл)	128,6 ± 31,4 128,1 ± 25,6	48,9 ± 9,8* 126,8 ± 25,3	23,1 ± 4,6* 122,4 ± 24,8	19,9 ± 4,0* 125,0 ± 24,9
ИЛ-6 (пг/мл)	76,3 ± 15,3 74,9 ± 15,0	32,1 ± 6,4* 75,3 ± 14,8	15,3 ± 3,1* 73,9 ± 14,1	12,2 ± 2,4* 72,5 ± 13,9
ИЛ-4 (пг/мл)	3,112 ± 0,62 3,041 ± 0,61	4,289 ± 0,86* 3,078 ± 0,62	5,467 ± 1,09* 3,125 ± 0,63	4,156 ± 0,83* 3,089 ± 0,62
ИЛ-10 (пг/мл)	4,785 ± 0,96 4,712 ± 0,94	7,931 ± 1,59* 4,689 ± 0,94	8,032 ± 1,61* 4,741 ± 0,95	7,408 ± 1,49* 4,703 ± 0,94

Примечание: *в числителе указаны результаты при лечении с использованием моноклональных антител против ФНОα (экспериментальная группа); в знаменателе приведены результаты контрольной группы, получавшей омепразол (контрольная группа); * различия статистически достоверны p<0,001.*

гомеостаза, при котором противовоспалительные сигналы подавляют дальнейшее развитие воспалительного каскада [4,13].

Аналогично, соотношение ИЛ-6/ИЛ-4 в группе, получавшей антитела, снизилось на 69,4 % через 6 часов (с 24,5 до 7,5) и на 88,6 % к 24 часам (до 2,8), стабилизировавшись затем на уровне 2,9 к завершению наблюдения. В контрольной группе, напротив, оба цитокиновых соотношения (ФНОα/ИЛ-10: 181,3–190,1; ИЛ-6/ИЛ-4: 23,5–24,6) оставались стабильно высокими на протяжении всего периода исследования, что является типичным для активного воспалительного процесса в желудке у лошадей и указывает на необходимость целенаправленного иммуномодулирующего воздействия [5, 14].

Эти результаты убедительно демонстрируют полное восстановление иммунного гомеостаза в Th1/Th2 парадигме у животных, получавших таргетную антицитокиновую терапию [1]. Быстрое (78—97 %) подавление провоспалительных цитокинов в диапазоне 6—24 часов, сопровождаемое значительным нарастанием противовоспалительных цитокинов, свидетельствует об эффективной блокаде ФНОα и последующей перестройке цитокиновой сетевой архитектуры. Характер временной динамики выявил две различные фазы терапевтического ответа: острую фазу (0—6 часов), характеризующуюся немедленной нейтрализацией ФНОα в результате прямого связывания моноклональных антител, и устойчивую фазу (6—24 часа), характеризующуюся подавлением нижестоящих цитокиновых каскадов ИЛ-1β и ИЛ-6 [6, 8].

Снижение цитокиновых соотношений более чем на 88—98 % (ФНОα/ИЛ-10 и ИЛ-6/ИЛ-4) указывает на регресс воспалительного каскада и активацию репаративных биологических процессов, способствующих заживлению поврежденной слизистой оболочки желудка. Эта цитокиновая переориентация создает микроокружение, благоприятное для восстановления целостности эпителия и предотвращения прогрессирования язвенных дефектов [7, 10]. Сохранение всех показателей на стабильном уровне в контрольной группе (вариация <15 %, p>0,05) убедительно подтверждает, что язвенный гастрит у лошадей без целенаправленной блокады ФНОα не демонстрирует спонтанной тенденции к самостоятельному разрешению при применении стандартной кислотосупрессивной терапии омепразолом. Этот критический вывод подчеркивает центральную роль иммунной дисрегуляции в хронизации патологического процесса и обосновывает необходимость применения таргетных иммуномодулирующих стратегий, выходящих за рамки кислотоподавления [9, 15].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Полученные результаты согласуются с проведенными исследованиями в гуманной гастроэнтерологии, где антицитокиновая терапия моноклональными антителами продемонстрировала высокую эффективность при различных воспалительных заболеваниях желудочно-кишечного тракта. Применение анти-ФНОα подхода в контексте ветеринарной медицины лошадей заполняет существующий терапевтический пробел и открывает новые перспективы для лечения рефрактерных и тяжелых форм язвенного гастрита, где традиционная монотерапия омепразолом показывает ограниченную эффективность. Иммунологические данные, представленные в настоящем исследовании, предоставляют научное обоснование для расширения терапевтического арсенала и пересмотра парадигмы лечения язвенного гастрита в ветеринарной медицине, со смещением акцента с кислотоподавления на восстановление иммунного гомеостаза.

THE EFFECT OF MONOCLONAL ANTIBODIES AGAINST TNFα ON CYTOKINE LEVELS IN ULCERATIVE GASTRITIS IN HORSES

Akriche S.[1]* — Postgraduate Student, Department of Pathological Physiology (ORCID 0009-0008-7849-5820); **Kryachko O. V.**[1] — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Pathological Physiology (ORCID 0000-0002-8996-8522); **Letkin A. I.**[2] — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Morphology, Physiology and Veterinary Pathology (ORCID 0000-0002-5333-3744).

[1]Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russia.

[2]National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia.

*soundes.akriche@yandex.ru.

ABSTRACT. *Equine gastric ulcer disease is a widespread condition affecting up to 90% of sport horses, characterised by erosive lesions of the gastric mucosa and chronic inflammation. Standard therapy with proton pump inhibitors (omeprazole) reduces gastric acidity but does not address the underlying immune dysregulation driving disease chronicity. An imbalance of cytokines — elevated pro-inflammatory mediators (tumour necrosis factor alpha — TNFα, interleukin-1β — IL-1β, interleukin-6 — IL-6) alongside reduced anti-inflammatory signals (interleukin-4 — IL-4, interleukin-10 — IL-10) — is considered a key pathogenic mechanism. The aim of this study was to evaluate the efficacy of targeted anti-cytokine therapy with anti-TNFα monoclonal antibodies as an adjunct to standard gastric ulcer disease treatment. Thirty horses with endoscopically confirmed gastric ulcer disease were divided into a control group (omeprazole 4 mg/kg/24 h, n=15) and a study group (omeprazole 4 mg/kg/24 h plus a single intravenous infusion of anti-TNFα*

monoclonal antibodies 5 mg/kg, n=15). Serum cytokine levels (TNFα, IL-1β, IL-6, IL-4, IL-10) were measured by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) at baseline, 6 h, 24 h, and 8 days. In the study group, rapid and pronounced suppression of pro-inflammatory cytokines was recorded: TNFα decreased by 96% at 24 h, IL-1β by 82%, and IL-6 by 80% ($p < 0.001$). Simultaneously, anti-inflammatory responses increased: IL-4 and IL-10 rose by 75% and 68%, respectively, by day 8. The TNFα/IL-10 ratio declined 50-fold, indicating restoration of immune homeostasis. No significant cytokine dynamics were observed in the control group. Targeted anti-cytokine therapy with anti-TNFα monoclonal antibodies represents a promising immunomodulatory approach to gastric ulcer disease treatment, addressing an existing therapeutic gap.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Частота встречаемости язвенных поражений желудка лошадей по данным скотобоен в северных регионах Республики Алжир / С. Акриче, О. В. Крячко, А. И. Леткин [и др.] // Иппология и ветеринария. — 2025. — № 1(55). — С. 6—15. DOI 10.52419/2225-1537/2025.1.6-15.

2. Cascetta G., Colombo G., Eremita G., Garcia J. G. N., Lenti M. V. et al. Pro-and anti-inflammatory cytokines: the hidden keys to autoimmune gastritis therapy // Frontiers in Pharmacology. — 2024. — Vol. 15. — Art. 1450558. DOI: 10.3389/fphar.2024.1450558.

3. Михайлова, Д.С. Влияние фитометабиотика «Фитолизат Гастро» на показатели гомеостаза и изменение популяций микрофлоры толстого отдела кишечника телят с синдромом желудочно-кишечных заболеваний/ Д.С Михайлова, С.Н. Магер // Вестник НГАУ. — 2024. — № 3. — С. 221—229. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-221-229.

4. Uzal F. A., Diab S. S. Gastritis, enteritis, and colitis in horses // Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. — 2015. — Vol. 31, № 2. — P. 337—358. — DOI: 10.1016/j.cveq.2015.04.006.

5. Нургалиев, Ф. М. Частота развития язвенных процессов в слизистой оболочке желудка свиней, обусловленных воздействием микотоксинов и колонизацией бактериями рода *Helicobacter* / Ф. М. Нургалиев, Э. И. Семенов, О. К. Поздеев, П. В. Софронов // Ветеринарный врач. — 2020. — № 2. — С. 26—31.

6. Li, Z. Relevance of Foxp3+ Regulatory T-cell Subsets and Foxp3− Type 1 Regulatory-like T Cells in Inflammatory Bowel Diseases During Anti-tumor Necrosis Factor Therapy / Z. Li, S. Vermeire [et al.] // Inflammatory Bowel Diseases. – 2015. – Vol. 21, № 10. – P. 2419–2430. DOI: 10.1097/MIB.0000000000000499.

7. Оздемиров А. А. Распространенность и структура желудочно-кишечных болезней телят в условиях Прикаспийского региона // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2018. — № 11—1. — С. 129—133.

8. Бойко, Т. В. Патогенетическое обоснование фармакотерапии язвенного гастродуоденита животных и перспективы применения лоха узколистного при патологии (обзор) / Т. В Бойко, И. А Асташева, Е. А. Лукша // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — № 3. — С. 125—141. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.125.

9. Чарторийская, А. В. Сравнительная оценка реактивности, интоксикации и активности воспаления железистой и соединительной ткани с использованием лейкоцитарных индексов / А. В. Чарторийская, О .В. Крячко // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — №3. — С. 357—363. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.357.

10. King A., Balaji S., Le L. D., Crombleholme T. M. et al.

REFERENCES

1. Akriche, S. Frequency of gastric ulcer lesions in horses according to slaughterhouse data in the northern regions of the Republic of Algeria / S. Akriche [et al.] // Ippologiya i veterinariya [Hippology and Veterinary Medicine]. — 2025. — № 1(55). — P. 6—15.

2. Cascetta, G. Pro-and anti-inflammatory cytokines: the hidden keys to autoimmune gastritis therapy / G. Cascetta, G. Colombo, G. Eremita et al. // Frontiers in Pharmacology. — 2024. — Vol. 15. — Art. 1450558. DOI: 10.3389/fphar.2024.1450558.

3. Mikhailova, D. S. Influence of the phytometabiotic «Fitolyazat Gastro» on homeostasis parameters and changes in the microflora populations of the large intestine of calves with gastrointestinal disease syndrome / D. S. Mikhailova, S. N. Mager // Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). — 2024. — № 3. — P. 221—229.DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-221-229.

4. Uzal F. A., Diab S. S. Gastritis, enteritis, and colitis in horses // Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. — 2015. — Vol. 31, № 2. — P. 337—358. — DOI: 10.1016/j.cveq.2015.04.006.

5. Nurgaliev, F. M. Frequency of development of ulcerative processes in the gastric mucosa of pigs caused by exposure to mycotoxins and colonization by bacteria of the genus Helicobacter / F. M. Nurgaliev, E. I. Semenov, O. K. Pozdeev, P. V. Sofronov // Veterinarnyi vrach [Veterinary Doctor]. — 2020. — № 2. — P. 26—31. (In Russ.).

6. Li, Z. Relevance of Foxp3+ Regulatory T-cell Subsets and Foxp3− Type 1 Regulatory-like T Cells in Inflammatory Bowel Diseases During Anti-tumor Necrosis Factor Therapy / Z. Li, S. Vermeire [et al.] // Inflammatory Bowel Diseases. – 2015. – Vol. 21, № 10. – P. 2419–2430. DOI: 10.1097/MIB.0000000000000499.

7. Ozdemirov, A. A. Prevalence and structure of gastrointestinal diseases in calves in the Caspian region // International Journal of Applied and Fundamental Research. — 2018. — № 11—1. — P. 129—133. (In Russ.)

8. Boyko, T. V. Pathogenetic substantiation for pharmacotherapy of ulcerative gastroduodenitis in animals and prospects for the use of narrow-leaved succulent in pathology (review) / T. V. Boyko et al. // Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine]. — 2025. — № 3. — P. 125—141. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.125 (In Russ.)

9. Chartoriiskaya, A. V. Comparative assessment of reactivity, intoxication and inflammation activity in glandular and connective tissue using leukocyte indices / A. V. Chartoriiskaya, O. V. Kryachko // Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii [International Bulletin of Veterinary Medicine]. — 2025. — № 3. — P. 357—363. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.3.357.

10. King A., Balaji S., Le L. D., Crombleholme T. M. et al.

Regenerative wound healing: The role of interleukin-10 // Advances in Wound Care. — 2014. — Vol. 3, № 4. — P. 315—323. DOI: 10.1089/wound.2013.0461.

11. Matas-Quintanilla M., Bonifay C. A. S., Whitacre L., Ipharraguerre I. R., Gutiérrez A. M. Assessing the inflammatory response in horses undergoing gastric ulceration using salivary ADA and S100A12 as biomarkers // Research in Veterinary Science. — 2025. — Vol. 178. — Art. 105667. DOI: 10.1016/j.rvsc.2025.105667.

12. Busechian, S. A comparison of the efficacy of two omeprazole formulations in the treatment of equine gastric ulcer syndrome in racehorses: a blinded, randomized clinical trial / S. Busechian, M. B. Conti, M. Sgorbini, G. Conte [et al.] // Journal of Equine Veterinary Science. — 2023. — Vol. 121. — Art. 104211. DOI: 10.1016/j.jevs.2022.104211

13. Obraztsov I. V., Shirokikh K. E. et al. Multiple cytokine profiling: a new model to predict response to tumor necrosis factor antagonists in ulcerative colitis patients // Inflammatory Bowel Diseases. — 2019. — Vol. 25, № 5. — P. 921—929. DOI: 10.1093/ibd/izy321.

14. Seahorn J. L., Seahorn T. L. Fluid therapy in horses with gastrointestinal disease // Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. — 2003. — Vol. 19, № 3. — P. 665—679. — DOI: 10.1016/j.cveq.2003.08.005.

15. Sykes B. W., Hewetson M., Hepburn R.J., Luthersson N., Tamzali Y. European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement—equine gastric ulcer syndrome in adult horses // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2015. — Vol. 29, № 5. — P. 1288—1299. DOI: 10.1111/jvim.13578.

Regenerative wound healing: The role of interleukin-10 // Advances in Wound Care. — 2014. — Vol. 3, № 4. — P. 315—323. DOI: 10.1089/wound.2013.0461.

11. Matas-Quintanilla M., Bonifay C. A. S., Whitacre L., Ipharraguerre I. R., Gutiérrez A. M. Assessing the inflammatory response in horses undergoing gastric ulceration using salivary ADA and S100A12 as biomarkers // Research in Veterinary Science. — 2025. — Vol. 178. — Art. 105667. DOI: 10.1016/j.rvsc.2025.105667.

12. Busechian, S. A comparison of the efficacy of two omeprazole formulations in the treatment of equine gastric ulcer syndrome in racehorses: a blinded, randomized clinical trial / S. Busechian, M. B. Conti, M. Sgorbini, G. Conte [et al.] // Journal of Equine Veterinary Science. — 2023. — Vol. 121. — Art. 104211. DOI: 10.1016/j.jevs.2022.104211

13. Obraztsov I. V., Shirokikh K. E. et al. Multiple cytokine profiling: a new model to predict response to tumor necrosis factor antagonists in ulcerative colitis patients // Inflammatory Bowel Diseases. — 2019. — Vol. 25, № 5. — P. 921—929. DOI: 10.1093/ibd/izy321.

14. Seahorn J. L., Seahorn T. L. Fluid therapy in horses with gastrointestinal disease // Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. — 2003. — Vol. 19, № 3. — P. 665—679. — DOI: 10.1016/j.cveq.2003.08.005.

15. Sykes B. W., Hewetson M., Hepburn R.J., Luthersson N., Tamzali Y. European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement—equine gastric ulcer syndrome in adult horses // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2015. — Vol. 29, № 5. — P. 1288—1299. DOI: 10.1111/jvim.13578.

УДК: 619:612.359:615.35:636.59
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.239

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧЕНИ ПЕРЕПЕЛОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРОБИОТИКОВ И ПОЛИВИТАМИННОГО КОМПЛЕКСА «ЧИКТОНИК»

Лукашик Г. В. — канд. ветеринар. наук, доцент каф. анатомии и физиологии животных (ORCID 0000-0002-2069-6143); **Скобельская Т. П.*** - канд. ветеринар. наук, доцент каф. анатомии и физиологии животных (ORCID 0000-0002-0028-8492).

Институт «Агротехнологическая академия», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

* www.15071986@mail.ru.

Ключевые слова: *морфология, перепела, печень, пробиотики, поливитаминный комплекс.*

Key words: *morphology, quail, liver, probiotics, multivitamin complex.*

Поступила в редакцию / Received: 08.12.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье освещены результаты исследования морфологических параметров печени в возрастном аспекте у 1-, 10-, 20-, 30-, 40-, 50-суточных перепелов породы фараон, а также изменения органа с учётом добавления к основному рациону пробиотика «Ветом 1.2» и поливитаминного комплекса «Чиктоник». Целью работы было установить влияние пробиотика «Ветом 1.2» и поливитаминного комплекса «Чиктоник» на постэмбриональный органогенез печени перепелов породы «фараон». В ходе проведения исследований было выявлено влияние пробиотического препарата «Ветом 1.2» и поливитаминного комплекса «Чиктоник» на рост, развитие застенной пищеварительной железы перепелов породы фараон. Установили, что наибольшая относительная масса печени перепелов отмечалась в возрасте 30 суток (особенно среди птиц 1 опытной и контрольной групп), а затем наблюдается постепенное снижение данного показателя (на 1,30 %). У 2 опытной группы относительная масса была примерно одинаковой на протяжении всего исследования (от 3,10% в 10-суточном возрасте до 2,90% в 50 суток). Абсолютная масса печени с 10-суточного до 50-суточного возраста заметно прогрессирует, причем у птиц опытных групп достигает своего максимума именно на 50 сутки. Также стоит отметить, что лидером по абсолютной массе печени на протяжении большей части эксперимента являлись птицы контрольной группы (до 40-суточного возраста). Параметры правой и левой долей печени имеют выраженные различия, начиная с 30-суточного возраста перепелов. У птиц из группы, получавшей только комбикорм, наблюдалось лучшее развитие левой доли, но при этом параметры правой доли были ненамного меньше. У перепелов из 1 опытной группы левая доля значительно преобладала над правой, а у перепелок 2 экспериментальной группы, наоборот, правая доля была развита лучше, чем левая.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Перепелов выращивают для получения мяса и яиц, так как данные продукты являются источником высококачественного диетического белка, а также витаминов и аминокислот [1, 2]. Кроме того, представителей данного рода птиц широко используют в качестве лабораторных животных, что связано с их высокой резистентностью ко многим чужеродным агентам, низкими требованиями к условиям содержания и короткими интервалами генерации. В птицеводстве применение пробиотических и поливитаминных препаратов в схемах кормления широко распространено [3—9].

Печень, будучи самой крупной полифункциональной застенной железой в аппарате пищеварения организма птиц, выполняет множество жизненно важных для организма функций [10, 11].

Кроме того, печень у птиц вырабатывает белки-предшественники желтка (вителлогенины), стимуляцию образования которых осуществляют фолликулостимулирующий гормон, лютеинизирующий гормон, соматотропный гормон, эстрогены и гонадотропный гормон [12, 13]. Вследствие этого печень птиц тесно связана с процессами воспроизводства и корректирует свою структурную организацию под повышенные потребности организма самок в период активной яйцекладки [14].

Такие препараты, как «Ветом» и «Чиктоник» являются популярными на современном фармакологическом рынке, однако их совместное использование в перепеловодстве до сих пор не было освещено. Следует отметить, что отсутствуют сведения о влиянии использованных препаратов на организм перепелов, а в частности на их печень.

Цель исследования: установить морфологические особенности печени перепелов породы фараон при применении пробиотиков и поливитаминного комплекса «Чиктоник».

Задачи исследования:

- выявить структурную организацию и морфометрические измерения печени перепелов породы фараон в 1-, 10, 20-, 30-, 40-, 50-суточном возрасте.

- определить морфологические и морфометри-

ческие особенности печени перепелов при применении пробиотического препарата «Ветом 1.2» и поливитаминного комплекса «Чиктоник».

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена на базе кафедры анатомии и физиологии животных Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Объектом служили перепелята породы фараон в количестве 72 головы. Исследовали 1 (n=12), 10 (n=12), 20 (n=12), 30 (n=12), 40 (n=12), 50 (n=12) суток. Для проведения эксперимента перепела разделены на 3 группы (1 контрольная и 2 опытные): контрольная, которая получавшая только корм, 1 опытная, получавшая пробиотик «Ветом 1.2», 2 опытная, получавшая пробиотик «Ветом 1.2» с добавлением поливитаминный комплекс «Чиктоник». В каждую группу входит по 24 головы перепелят. Опыт длился 55 суток.

Для кормления птицы использован стартовый комбикорм (крупка) для перепелок в возрасте 0-8 недель фирмы «Южная Корона». В его состав входят различные виды зерна, жмыхи, мука животного происхождения, минеральные добавки, ферменты, антиоксиданты и др. Данный корм является сбалансированным по всем необходимым питательным веществам, а также макро- и микроэлементам, витаминам и аминокислотам. Рацион был одинаковым для всех групп птиц и не менялся на протяжении всего исследования. До 20-суточного возраста корм задавали 3 раза в сутки, далее — 2 раза в сутки.

В 1 опытной группе к комбикорму добавляли пробиотик «Ветом 1.2» групповым методом 1 раз в день. Доза препарата для птиц составляла 50 мг/кг живой массы. Птицы 2 опытной группы получали пробиотик «Ветом 1.2» с кормом в аналогичных дозах и поливитаминный комплекс «Чиктоник» вместе с водой в дозе 1 мл/1 л воды. Воду использовали чистую, комнатной температуры.

Морфометрические параметры печени 1-, 10-, 20-, 30-, 40-, 50-суток перепелов породы фараон определяли после ее фиксации в 10 % растворе формалина. Устанавливали такие параметры печени, как: абсолютная и относительная масса печени. Длину, ширину, толщину долей определяли при помощи штангенциркуля с точностью до 0,01мм. Абсолютную массу органа определяли на электронных техновесах ТВЕ-0,5-0,01. Для определения относительной массы печени использовали формулу:

$$x = \frac{mп \times 100\ \%}{mж}, \text{ где}$$

x — относительная масса;

mп — абсолютная масса печени;

mж — живая масса перепела.

Для гистологического исследования были отобраны образцы печени 10-, 50-суток перепелов. Фиксацию образцов проводили на станции Leica EG1120H. Для изготавливали парафиновых срезов использовали ротационный микротом Leica RM2255. Препараты окрашивали гематоксилином и эозином. Для получения снимков микропрепаратов высокого разрешения применяли сканер гистопрепаратов Apeirio CS2.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью компьютерной программы «Statist 6.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. У суточных перепелят породы фараон печень располагается в грудобрюшной полости, прилежит железистый и часть мышечного желудка, тонкий отдел кишечника и поджелудочная железа (рис. 1).

У двух из четырех суточных перепелят печень имела разделение левой доли на медиальную и латеральную доли. У всех птиц на висцеральной поверхности печени в области тупого края имелось выраженное сердечное углубление, на правой долей печени располагался желчный пузырь овальной формы. Цвет печени имеет желтый цвет, а ее консистенция плотная.

Абсолютная масса печени у 1-суточных перепелят составляет 0,33±0,07 г, относительная масса достигает 3,78±0,25 %, длина правой доли равна 11,30±0,96 мм, а левой – 9,20±1,48 мм, ширина правой и левой долей соответственно 6,00±0,00 мм и 4,60±0,41 мм. Тогда, как толщина правой доли печени равна 3,00±0,71 мм, а левой практически в 2 раза меньше и достигает 1,20±0,43 мм (табл. 1).

У перепелов в возрасте 10-суток печень имеет аналогичное топографическое расположение, как у суточных. Но следует отметить, что левая доля разделена на латеральную и медиальную доли лишь у 4 птиц из 12 исследуемых. Цвет печени варьирует от желтовато-коричневого до красно-ко-

Рисунок 1 *— Органокомплекс суточного перепела: 1 — сердце, 2 — левое легкое, 3 — правое легкое, 4 — левая доля печени, 5 — правая доля печени, 6 - мышечный желудок, 7 — кишечник, 8 — клоака.*

Figure 1 *— Organ complex of a day—old quail: 1 — heart, 2 — left lung, 3 — right lung, 4 — left lobe of the liver, 5 — right lobe of the liver, 6 — muscular stomach, 7 — intestine, 8 — cloaca.*

Таблица 1 — Морфометрические параметры печени 1-,10-,20-суточных перепелов

Table 1 — Morphometric parameters of the liver of 1-, 10-, 20-day-old quails

Возраст, сут.	Группа	Правая доля, мм			Левая доля, мм		
		Длина	Ширина	Толщина	Длина	Ширина	Толщина
		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
1	—	11,30±0,96	6,00±0,00	3,00±0,71	9,20±1,48	4,60±0,41	1,20±0,43
10	Контроль	13,60±1,25	8,00±2,16	2,00±0,82	13,33±2,05	6,00±0,82	1,66±0,47
	1 опытная	18,33±3,09	7,33±1,25	3,33±0,47	14,66±1,89	8,33±2,05	2,00±0,82
	2 опытная	19,66±3,68	6,00±2,45	2,66±0,47	12,33±1,70	4,66±0,94	2,33±0,47
20	Контроль	24,21±0,17	15,83±0,45	4,82±1,09	24,60±0,32	17,69±0,73	3,01±0,85
	1 опытная	25,10±1,15	12,02±2,79	5,21±0,154	26,56±0,45	15,29±0,29	5,87±2,18
	2 опытная	27,01±1,08	13,74±0,87	5,07±0,25	24,39±0,59	14,69±0,97	3,09±0,53

ричневого. Морфометрические параметры печени у 10-суточных перепелов проявляют тенденцию к увеличению. Отмечаем, что у перепелов контрольной группы правая и левая доля печени примерно равны по показателям длины, ширины и толщины, у птиц 1 и 2 опытных групп правая доля преобладает над левой по показателям длины на 3,60 мм и 7,30 мм, соответственно. Также средняя масса печени у птиц 1 и 2 опытных групп больше, чем у контрольной на 0,10 г и 0,13 г, соответственно.

У 20-суточных перепелов, при сохранении топографического расположения, печень проявляет тенденцию к активному росту особенно у 1 и 2 опытной группы птиц, которым применяли пробиотический препарат «Ветом 1.2» и поливитаминный комплекс «Чиктоник», так параметры длины, ширины и толщены правой доли преобладают над таковыми левой, а абсолютная масса печени у 2 опытной группы достигает 3,69±2,27 г (табл. 2).

У 50-суточных перепелов при сохранении анатомо-топографического расположения отмечается изменение цвета печени от красно-коричневого до желтовато-коричневого. Это, возможно, связано с подготовкой к началу яйцекладки.

Морфометрические показатели печени у 50-суточны перепелов свидетельствуют о том, что наибольшая средняя масса печени принадлежит 1 опытной группе (9,40 г), что больше на 1,20 г, чем у птиц 2 экспериментальной группы и больше, чем у перепелок контрольной группы на 2,40 г. Правая доля печени лучше развита у 2 опытной группы (по показателям длины больше левой на 8,60 мм), левая — у птиц из контрольной и 1 опытной групп (длиннее правой на 4,00 мм и 4,60 мм, соответственно) (табл. 3).

При исследовании микроморфологических особенностей структуры печени, под влиянием применяемых в эксперименте пробиотического пре-

Таблица 2 — Показатели абсолютной и относительной массы печени у 1- , 10, 20-, 30-, 40-, 50-суточных перепелов

Table 2 — Absolute and relative liver weight values in 1-, 10-, 20-, 30-, 40-, 50-day-old quails

Возраст, сут.	Группа	Абсолютная масса, г	Относительная масса, %
		M ± m	M ± m
1	—	0,33±0,07	3,78±0,25
10	Контроль	0,86±0,31	2,88±6,49
	1 опытная	0,96±0,18	3,20±2,01
	2 опытная	0,99±0,23	3,16±0,82
20	Контроль	2,81±0,13	3,04±0,21
	1 опытная	3,05±1,04	4,60±0,41
	2 опытная	3,69±2,27	3,61±0,47
30	Контроль	6,87±1,41	3,58±5,05
	1 опытная	6,50±0,84	3,89±5,23
	2 опытная	5,49±0,92	3,03±4,59
40	Контроль	8,51±1,64	3,48±12,86
	1 опытная	7,37±0,14	2,79±1,15
	2 опытная	7,44±1,62	2,81±3,74
50	Контроль	7,00±0,83	2,62±3,86
	1 опытная	9,40±1,94	3,24±5,17
	2 опытная	8,13±0,79	2,93±1,91

парата «Ветом 1.2» и поливитаминного комплекса «Чиктоник», было установлено, что в структуре печени перепелов 10-суточного возраста не было выявлено существенных отличий между группами контроля и опыта, к тому же орган птиц данного возраста являлся физиологически недостаточно зрелым, тогда как в возрасте 50-суток выявлены наиболее яркие изменения в структуре органа.

По своему строению печень — это типичный паренхиматозный орган, состоящий из стромы и паренхимы, данный орган также имеет собственную тонкую капсулу из плотной соединительной ткани. Печеночная строма у перепелок представлена плохо развитой рыхлой соединительной тканью, поэтому «классическая долька» печени не видна. Центр дольки представлен центральной веной, что является ориентиром для нахождения дольки; края печеночной дольки косвенно можно определить по радиально расположенным печеночным трабекулам (балкам), которые направляются от центральной вены и подходят к междольковым сосудам. У перепелов в связи со слабым развитием стромы дольки имеют неправильную форму и могут быть направлены в разные стороны. Паренхима печени состоит из эпителиальных клеток, имеющих энтодермальное происхождение — гепатоцитов. Данные клетки образуют неправильные ряды, ветвятся. Между гепатоцитами располагаются светлые щелевидные пространства — синусоидные капилляры. Между апикальными полюсами гепатоцитов проходят желчные капилляры (рис. 2).

Таким образом, структура печеночных балок не нарушена, гепатоциты премущество одноядерные, однако встречаются и двуядерные клетки. Размер гепатоцитов составляет от 8,4 до 14,5 мкм, а размер ядра может колебаться от 2 до 3 мкм (рис. 3).

В стенке желчного пузыря выделяют: 1 слой — слизистая оболочка (высокий однослойный цилиндрическим эпителием); 2 слой — собственная пластинка слизистой оболочки (рыхлая соединительная ткань); 3 слой — мышечная обо-

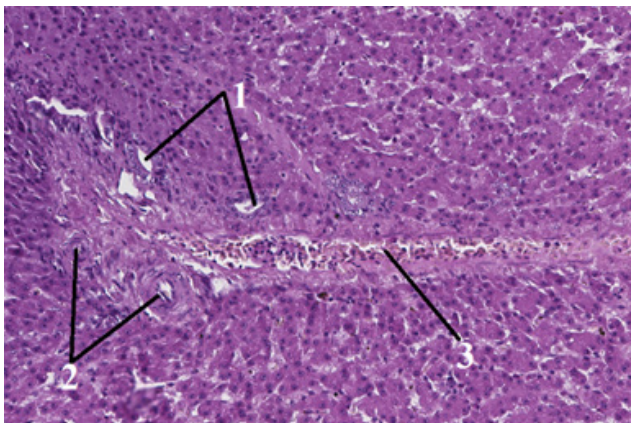


Рисунок 2 *— Микропрепарат печени 50-суточных перепелов (контрольной группы): ув. 8х, гематоксилин-эозин.*

Figure 2 *— Microscopic preparation of the liver of 50-day-old quails (control group): 8x magnification, hematoxylin and eosin.*

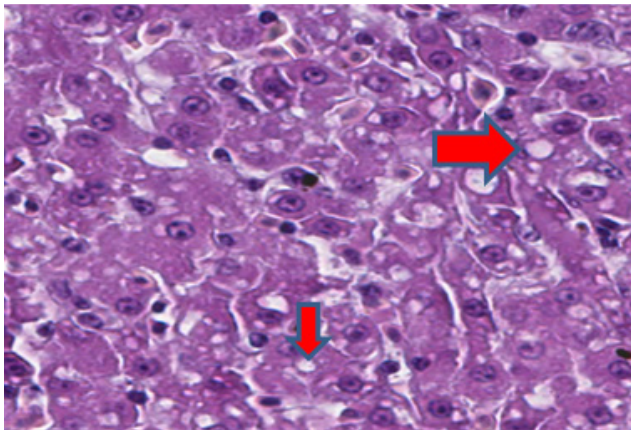


Рисунок 3 *— Микропрепарат 50—суточных перепелов (контрольной группы), 1 — междольковые желчные протоки, 2 — междольковые артерии, 3 — междольковая вена, ув. 40х, гематоксилин-эозин*

Figure 3 *— Microscopic preparation of 50-day-old quails (control group), 1 — interlobular bile ducts, 2 — interlobular arteries, 3 — interlobular vein, 40x magnification, hematoxylin and eosin.*

Таблица 3 — Морфометрические параметры печени 30-, 40, 50-суточных перепелов

Table 3 — Morphometric parameters of the liver of 30-, 40-, 50-day-old quails

Возраст, сут.	Группа	Абсолютная масса, г	Правая доля, мм			Левая доля, мм		
			Длина	Ширина	Толщина	Длина	Ширина	Толщина
		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
30	Контроль	6,87±1,41	35,66±5,73	21,00±1,63	5,33±0,94	39,33±6,65	22,33±3,30	4,33±0,47
	1 опытная	6,50±0,84	36,00±2,94	23,00±2,16	6,66±1,70	33,00±4,24	19,33±2,49	7,00±1,41
	2 опытная	5,49±0,92	29,66±6,18	15,33±0,47	6,66±0,47	27,66±4,92	16,66±2,62	4,66±1,25
40	Контроль	8,51±1,64	38,00±4,32	18,33±4,11	5,00±0,82	38,33±7,41	23,66±2,62	6,33±1,25
	1 опытная	7,37±0,14	40,00±2,83	23,33±3,30	6,00±0,82	46,00±2,94	22,66±3,30	6,33±1,70
	2 опытная	7,44±1,62	48,66±4,50	28,33±4,71	10,00±1,63	41,00±5,10	22,66±2,05	8,33±0,94
50	Контроль	7,00±0,83	28,33±2,62	12,33±1,25	5,33±1,26	32,33±2,87	17,00±4,24	5,00±0,82
	1 опытная	9,4±1,94	35,00±2,16	22,33±4,03	5,50±1,08	39,66±5,73	26,33±8,99	4,50±0,71
	2 опытная	8,13±0,79	37,00±4,24	18,66±5,73	5,16±1,31	28,33±4,50	12,33±2,62	4,16±0,62

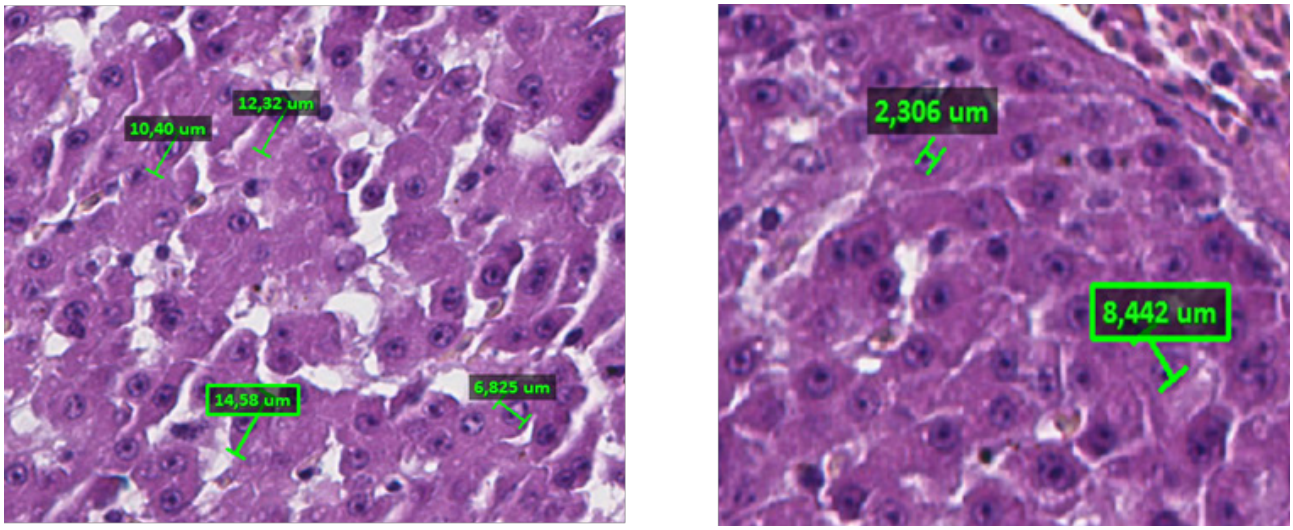


Рисунок 4 *— Микропрепарат печени, жировые вакуоли в гепатоцитах 50-суточных перепелов (контрольной группы), ув. 40х, гематоксилин-эозин.*

Figure 4 *— Microscopic specimen of the liver, fat vacuoles in hepatocytes of 50-day-old quails (control group), magnification 40x, hematoxylin and eosin.*

лочка (клетки гладкой мускульной такни), волокна которой располагаются косо, продольно или циркулярно, данная оболочка развита слабо; 4 слой — перимускулярная или субсерозная оболочка, которая также состоит из рыхлой соединительной ткани. Следует отметить, что мышечная пластинка слизистой оболочки в стенке желчного пузыря у птиц отсутствует.

Ещё одним ориентиром для поиска «классической дольки» в печени служат триады, которые представлены междольковой артерией, междольковой веной и междольковым желчным протоком.

Таким образом, при исследовании гистологического строения печени и желчного пузыря 50-суточных перепелов контрольной группы не было выявлено патологических изменений. При этом, у самок обнаружено наличие жировых вакуолей в гепатоцитах в период активной яйцекладки. Печень птиц в данном возрасте является физиологически зрелой.

Структура печени перепелов 1 опытной группы имеет видоизменённую балочную структуру гепатоцитов, печеночные клетки крупные, имеют округлую форму (более 16 мкм), по сравнению их с гепатоцитами перепелов контрольной группы. Также в некоторых гепатоцитах отмечаются явления кариорексиса и кариолизиса. В отдельных гепатоцитах наблюдаются атрофические процессы и расширение просвета синусоидных капилляров. Так же отмечено выраженная междольковая соединительная ткань, поэтому создается впечатление, что гепатоциты располагаются в дольках и сдавливают синусоиды, расположенные рядом.

Апоптоз отдельных гепатоцитов, сопровождающийся ожирением и рексисом и лизисом ядер по данным Трояновской Л. П. можно наблюдать в фазу максимальной продуктивности у 30,0 % птиц, а в нашем случае у 22,2 %. Такие процессы в печени можно связать с физиологическим состоянием самок птиц в период яйцекладки. Структура печени перепелов 2 опытной группы в целом схожа с таковой у птиц контрольной группы.

Обобщая сказанное, экспериментально мы подтвердили исследования некоторых авторов о том, что в фазу максимальной яичной продуктивности у несушек могут наблюдаться явления саморазрушения клеток печени, а также большое количество жировых вакуолей в гепатоцитах. При исследовании гистологического строения печени контрольной и опытных групп не было выявлено отклонений, микроструктура органа полностью соответствует таковой для птиц.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В ходе проведенного исследования выявили различия в развитии правой и левой долей печени у перепелов и установили, что у 18,0 % исследованных перепелов левая доля печени делилась на левую латеральную и левую медиальную доли. Абсолютная масса органа с возрастом увеличивается, а относительная масса — уменьшается, причем показатель абсолютной массы был более высоким до 40-суточного возраста (включительно) у перепелов контрольной группы. Относительная масса печени достигает своих максимальных значений на 30 сутки жизни перепелок, а затем закономерно уменьшается — данный параметр на протяжении большей части эксперимента был более высоким у перепелов 1 опытной группы, получавшей только пробиотик.

Макроморфологические параметры печени перепелов правой и левой долей в течение исследования имеют выраженные различия, начиная с 30-суточного возраста перепелов. Так у птиц из группы, получавшей только комбикорм, наблюдалось лучшее развитие левой доли, но при этом параметры правой доли были ненамного меньше. У перепелов из 1 опытной группы левая доля значительно преобладала над правой, а у перепелок 2 экспериментальной группы, наоборот, правая доля была развита лучше, чем левая.

Применение пробиотического препарата «Ветом 1.2» отдельно и в сочетании с поливитаминно-аминокислотной добавкой «Чиктоник» перепелкам породы фараон 1 и 2 опытных групп с первых дней жизни оказывало влияние на абсолютную массу и развитие правой и левой долей печени.

При изучении микроскопической картины печени перепелов были выявлены изменения в данном органе 1 опытной группы в активную фазу яйцекладки — у исследуемых птиц отмечали апоптоз отдельных гепатоцитов с явлениями кариорексиса и кариолизиса, атрофические процессы, пролиферацию междольковой соединительной ткани и расширение просвета синусоидных капилляров, а также большое количество жировых вакуолей в цитоплазме печеночных клеток.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE LIVER OF QUAILS WHEN USING PROBIOTICS AND MULTIVITAMIN COMPLEX «CHICTONIC»

Lukashik G. V. — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Phisiology (ORCID 0000-0002-2069-6143); **Skobelskaya T. P.*** — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Phisiology (ORCID 0000-0002-0028-8492).

Institute of «Agrotechnological the academy» FSAEI HE «V. I. Vernadsky Crimean Federal University».

* www.15071986@mail.ru.

ABSTRACT. *The article highlights the results of a study of the morphological parameters of the liver in the age aspect of 1-, 10-, 20-, 30-, 40-, 50- diurnal quails of the Pharaoh breed, as well as organ changes, taking into account the addition of the probiotic Vetom 1,2 and the multivitamin complex Chiktonik to the basic diet. The aim of the work was to establish the effect of the probiotic Vetom 1,2 and the multivitamin complex Chiktonik on the postembryonic organogenesis of the liver of Pharaoh quails. During the research, the effect of the probiotic drug «Vetom 1,2» and the multivitamin complex «Chiktonik» on the growth and development of the wall digestive gland of Pharaoh quails was revealed. It was found that the highest relative liver weight of quails was observed at the age of 30 days (especially among birds of the 1st experimental and control groups), and then there was a gradual decrease in this indicator (by 1,30 %). The relative weight of the 2 experimental groups was approximately the same throughout the study (from 3,10 % at 10 days of age to 2,90 % at 50 days). The absolute mass of the liver progresses markedly from 10 days to 50 days of age, and in birds of the experimental groups it reaches its maximum on day 50. It is also worth noting that the birds of the control group (up to 40 days of age) were the leader in absolute liver mass for most of the experiment. The parameters of the right and left lobes of the liver have pronounced differences, starting from the age of 30 days in quails. Birds from the group that received only mixed feed showed better development of the left lobe, but the parameters of the right lobe were not much smaller. In quails from the 1st experimental group, the left lobe significantly prevailed over the right, while in quails from the 2nd experimental group, on the contrary, the right lobe was better developed than the left.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бидеев, Б. А. Продуктивность и биологические особенности перепелов разных пород / Б. А. Бидеев // Диссертация ГГАУ. 2016. 120 с.

2. Лебедева, И. А. Пробиотики в современном птицеводстве / И. А. Лебедева, С. В. Щепеткина, М. В. Новикова и др. // БИО. 2018. № 1 (208). С. 32—37.

3. Адуллина, Г. Ф. Динамика живой массы утят при скармливании им витаминно-аминокислотного препарата Чиктоник / Г. Ф. Адуллина, А. Е. Андреева, Х. Г. Ишмуратов // Вестник БГАУ. 2014. № 1. С. 41—44.

4. Аксаков, Д. В. Влияние дрожжевого пробиотика в комплексе с ферментом на продуктивность уток / Д. В. Аксаков, А. Ш. Саляхов, О. А. Якимов // Вет. врач. 2020. № 1. С. 23—28. DOI: 10.33632/1998—698X.2020—1—23—28.

5. Басова, Е. А. Влияние увеличения аминокислот в комбикормах на качество мяса перепелов / Е. А. Басова, О. А. Ядрищенская, Н. А. Мальцева и др. // Эффективное животноводство. 2019. № 4. С. 75—77. DOI: 10.24411/9999-007A-2019-1038.

6. Беркольд, Ю. И. Влияние пробиотиков на физиологический статус организма и продуктивность цыплят—

REFERENCES

1. Bideev, B. A. Productivity and biological features of quails of different breeds / B. A. Bideev // GAU dissertation. 2016. 120 p. (In Russ.).

2. Lebedeva, I. A. Probiotics in modern poultry farming / I. A. Lebedeva, S. V. Shchepetkina, M. V. Novikova et al. // BIO. 2018. № 1 (208). P. 32—37.

3. Adullina, G. F. Dynamics of live weight of ducklings when feeding them the vitamin-amino acid preparation Chiktonik / G. F. Adullina, A. E. Andreeva, H. G. Ishmuratov // Bulletin of the BGAU. 2014. No. 1. P. 41—44. (In Russ.).

4. Aksakov, D. V. The effect of yeast probiotic in combination with an enzyme on duck productivity / D. V. Aksakov, A. Sh. Salyakhov, O. A. Yakimov // Vet. doctor. 2020. No. 1. P. 23—28. DOI: 10.33632/1998-698X.2020-1-23-28.

5. Basova, E. A. The effect of increasing amino acids in compound feeds on the quality of quail meat / E. A. Basova, O. A. Yadrishchenskaya, N. A. Maltseva et al. // Efficient animal husbandry. 2019. No. 4. P. 75—77. DOI: 10.24411/9999-007A-2019-1038.

6. Berkold, Yu. I. The effect of probiotics on the physiological status of the organism and the productivity

бройлеров кросса Смена—4 / Ю. И. Беркольд // Автореферат. НГАУ. 2009. 20 с.

7. Денисенко, Л. И. Интенсивность роста и развития молодняка кур-несушек при включении в рацион пробиотической добавки «Профорт» / Л. И. Денисенко // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8. С. 96—100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-96-100.

8. Золотова, Н. С. Влияние пробиотика на основные показатели уток и их иммунный статус / Н. С. Золотова, Н. А. Лещёва, В. И. Плешакова и др. // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 94—97.

9. Marareni, M. Growth performance, serum biochemistry and meat quality traits of Jumbo quails fed with mopane worm (*Imbrasia belina meal*) — containg diets / M. Marareni, C. V. Mnisi // Vet. and Animal Sc. 2020. Vol. 10. P. 1100—1107.

10. Козырев, С. Г. Сравнительная морфология печени перепелов, цесарок и кур / С. Г. Козырев, А. А. Уртаева, Б. Д. Гусева и др. // Известия ГАУ. 2018. № 55. С. 117—122.

11. Степанова, А. М. Использование пробиотика в промышленном птицеводстве, начиная с эмбрионального периода / А. М. Степанова // Труды ВИЭВ. 2018. Т. 80. С. 363—367. DOI: 10.18411/lj978-20182-363367.

12. Калоев, Б. С. Эффективность включения в рацион цыплят-бройлеров различных биологически активных препаратов / Б. С. Калоев, М. С. Гурциева // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 121—127. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10004.

13. Курилкин, В. В. Морфофункциональные показатели печени кур в постэмбриональном онтогенезе / В. В. Курилкин // Автореферат. РУДН. М.: 2011. 15 с.

14. Кононенко, С. И. Повышение биологического потенциала птицы за счет использования пробиотиков / С. И. Кононенко // Науч. жур. КубГАУ. 2017. № 127 (03). С. 1—11. DOI: 10.21515/1990-4665-127-036.

of broiler chickens of the Smena—4 cross / Yu. I. Berkold // Abstract. NGAU. 2009. 20 p.

7. Denisenko, L. I. The intensity of growth and development of young laying hens when the probiotic supplement «Profort» is included in the diet / L. I. Denisenko // Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 8. P. 96—100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-8-96-100.

8. Zolotova, N. S. The effect of probiotics on the main indicators of ducks and their immune status / N. S. Zolotova, N. A. Leshcheva, V. I. Pleshakova et al. // Perm Agrarian Bulletin. 2019. No. 1 (25). P. 94—97.

9. Marareni, M. Growth performance, serum biochemistry and meat quality traits of Jumbo quails fed with mopane worm (*Imbrasia belina meal*) — containg diets / M. Marareni, C. V. Mnisi // Vet. and Animal Sc. 2020. Vol. 10. P. 1100—1107.

10. Kozyrev, S. G. Comparative morphology of the liver of quails, guinea fowl and chickens / S. G. Kozyrev, A. A. Urtaeva, B. D. Guseva et al. // Izvestiya GGAU. 2018. № 55. P. 117—122.

11. Stepanova, A. M. The use of probiotics in industrial poultry farming, starting from the embryonic period / A. M. Stepanova // The works of RES. 2018. Vol. 80. P. 363—367. DOI: 10.18411/lj978-20182-363367.

12. Kaloev, B. S. The effectiveness of including various biologically active preparations in the diet of broiler chickens / B. S. Kaloev, M. S. Gurtsieva // Perm Agrarian Bulletin. 2020. No. 1 (29). P. 121—127. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10004.

13. Kurilkin, V. V. Morphofunctional parameters of the liver of chickens in postembryonic ontogenesis / V. V. Kurilkin // Abstract. RUDN University, Moscow: 2011. 15 p.

14. Kononenko, S. I. Increasing the biological potential of poultry through the use of probiotics / S. I. Kononenko // Scientific journal of KubGAU. 2017. No. 127 (03). P. 1—11. DOI: 10.21515/1990-4665-127-036.

УДК: 619:611.018:616-07:591.4547:599.323
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.246

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ КРЫС ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ СОЛИ ФОСФОНИЯ

Вахитов И. И. — прикрепленное лицо каф. физиологии, фармакологии и токсикологии (ORCID 0009-0009-6824-8364)**; Хайруллин Д. Д. * —** д-р ветеринар. наук, проф., каф. физиологии, фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0003-1426-7454)**; Асрутдинова Р. А. —** д-р ветеринар. наук, проф., каф. технологии животноводства, кормления и зоогигиены (ORCID 0000-0003-2214-8017); **Романов С. Р. —** канд. хим. наук, доцент, каф. ВМ и ЭОС, Химический институт им. А. М. Бутлерова КФУ (ORCID 0000-0002-9270-8932).

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

* ddhairullin@yandex.ru

Ключевые слова: *гистология, крысы, органы, токсичность, соли фосфония.*

Key words: *histology, rats, organs, toxicity, phosphonium salts.*

Финансирование. *Работа выполнена при поддержке РНФ 25-26-00250 https://rscf.ru/project/25-26-00250/.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Четвертичные фосфониевые соли являются перспективными соединениями благодаря высокой липофильности и мембранотропной активности, однако данные об их хронической токсичности ограничены. Целью исследований стало проведение гистологической оценки хронической токсичности 3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида при длительном пероральном введении. Исследование выполнено на 24 половозрелых белых крысах (самцы и самки), разделенных на 4 группы. Животные в течение 30 суток получали 1%-й раствор соединения внутрижелудочно в дозах 18,67, 46,67 и 93,34 мг/кг (1/50, 1/20 и 1/10 от ЛД50). Контрольная группа получала дистиллированную воду. Проводили клиническое наблюдение, оценку массы тела. После эвтаназии выполняли некропсию и гистологический анализ органов (печень, легкие, сердце, желудок, почки, надпочечники) с окраской гематоксилином и эозином. В процессе эксперимента у животных опытных групп отмечалось временное снижение аппетита, а при максимальной дозе — незначительная потеря массы тела и алопеция. Гистологический анализ показал, что соединение в дозах до 93,34 мг/кг не вызывает дозозависимых патологических изменений в сердце, печени, почках, надпочечниках и желудке. Структура миокарда, гепатоцитов и нефроцитов оставалась сохранной. В легких всех групп, включая контрольную, наблюдалась фоновая бронхо-ассоциированная лимфоидная ткань (БАЛТ) и незначительное утолщение межальвеолярных перегородок. В группе с максимальной дозой у части животных выявлены умеренные интерстициальные изменения (инфильтрация мононуклеарами и нейтрофилами), однако статистически значимых отличий от контроля ($P>0,05$) не зафиксировано, что расценено как индивидуальная вариация на фоне хронического эксперимента. Установлено, что исследуемая четвертичная фосфониевая соль в изученном диапазоне доз не оказывает системного токсического действия на паренхиматозные органы. Выявленные легочные изменения носят фоновый характер и не связаны с дозозависимым эффектом, что обосновывает перспективность дальнейшего изучения соединения для практического применения.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Четвертичные фосфониевые соли представляют собой обширный класс органических соединений, в которых атом фосфора несет положительный заряд и связан с четырьмя органическими заместителями, что обуславливает их уникальные физико-химические и биологические свойства [1—3]. В отличие от более изученных четвертичных аммониевых соединений, фосфониевые аналоги обладают повышенной липофильностью и способностью накапливаться в митохондриях, что открывает перспективы их использования не только как антисептиков, но и как векторных молекул для адресной доставки лекарственных веществ [4—7].

Объектом данного исследования является новое соединение — 3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорид. Наличие длинного децилокси-фрагмента и трифенилфосфониевой группировки позволяет предположить у него выраженную мембранотропную активность и потенциальную эффективность против биопленок микроорганизмов [8, 9]. Однако, несмотря на очевидный терапевтический потенциал, вопросы безопасности четвертичной фосфониевой соли остаются недостаточно изученными. Данные о хронической токсичности, кумулятивных эффектах и возможном влиянии на внутренние органы при длительном поступлении в организм немно-

гочисленны и противоречивы [10, 11]. Для соединений, обладающих мембранотоксическими свойствами, существует риск повреждения не только клеток патогенов, но и клеток макроорганизма, особенно паренхиматозных органов, участвующих в биотрансформации и элиминации ксенобиотиков (печень, почки), а также тканей с высоким метаболизмом (миокард, легочный эпителий) [12—14].

Таким образом, существует необходимость в углубленном доклиническом изучении хронической токсичности 3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида. Гистологический анализ внутренних органов лабораторных животных является необходимым элементом токсикологических исследований, позволяющим выявить даже субклинические повреждения на тканевом и клеточном уровнях.

Цель исследования — гистологическая оценка потенциальной хронической токсичности нового соединения — четвертичной фосфониевой соли (3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида) – путем гистологического анализа внутренних органов лабораторных крыс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В ходе исследования было задействовано 24 половозрелых белых крыс (12 самцов, 12 самок) массой 120—130 г, возрастом 3 месяца. Животные содержались в условиях вивария (температура 20—22°С, влажность 50—60%, 12—часовой световой цикл) со свободным доступом к воде и полнорационному комбикорму. После двухнедельного карантина крысы были разделены на 4 группы по 6 особей (3 самца + 3 самки). Продолжительность эксперимента составила 30 суток, что соответствует общепринятым требованиям для изучения хронической токсичности.

Среднесмертельная доза (ЛД50) 933,4 мг/кг была выбрана на основании предварительных острых и подострых исследований [7, 10]. Крысам контрольной первой группы вместо препарата через зонд задавали дистиллированную воду. Необходимое количество вещества было определено путём взвешивания подопытных крыс. Затем это вещество было растворено в дистиллированной воде. В хроническом эксперименте использовали для второй группы 1/50 дозу (18,6 мг/кг), для третьей группы 1/20 дозу (46,7 мг/кг), и для четвертой группы 1/10 дозу (93,3 мг/кг). Крысам ежедневно задавали 1%—й раствор четвертичной фосфониевой соли (3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида) перорально, через зонд для второй группы 1,86 мл, для третьей группы 4,67 мл, для четвёртой группы 9,33 мл на голову при расчете на среднюю живую массу 125 г.

В период исследования проводили ежедневный осмотр животных, наблюдали за их поведением, потреблением корма и воды. Массу тела измеряли еженедельно. На 15-е и 30-е сутки эксперимента перед эвтаназией у всех животных производили забор крови из хвостовой вены для морфологического анализов.

На 30-е сутки опыта экспериментальных животных усыпляли с помощью эфира, следуя принципам гуманного умерщвления. После некропсии извлекали органы (печень, легкие, сердце, желудок, почки, надпочечники), фиксировали в нейтральном 10%-ном растворе формалина.

После вырезки осуществлялась гистологическая проводка по стандартным протоколам лаборатории в гистологическом процессоре вакуумного типа (Dakewe HP 300, США). Полученные после проводки биопрепараты заливали расплавленным парафином на станции заливки охлаждали (Microm EC 350-2, Thermo Scientific, США). Парафиновые блоки подвергали микротомии на ротационном микротоме (PFM Medical 3006, Германия) для получения срезов толщиной 3 мкм. Срезы расправляли на водяной бане (DiPath, Италия) и после высушивания подвергали окрашиванию гематоксилином и эозином по протоколам фирмы-производителя (Био Витурм, Санкт-Петербург). Сканирование препаратов производилось на сканирующем микроскопе Motic (увеличение показано на микрофотографиях).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения R (версия 4.3.0). Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение (M±SD) для параметрических показателей и как медиана (минимум-максимум) для балльных оценок. Нормальность распределения проверяли с помощью критерия Шапиро—Уилка. Межгрупповые сравнения проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для параметрических данных (с последующим пост-тестом Тьюки) и критерия Краскела-Уоллиса для непараметрических (с последующим попарным сравнением критерием Манна-Уитни с поправкой Бонферрони). Уровень статистической значимости (α) был принят равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В процессе наблюдения было отмечено, что у опытных животных на определенное время пропал аппетит, а некоторые из них даже отказывались от питья. При этом их активность в течение дня не отличалась от крыс контрольной группы. Слизистые оболочки ротовой полости у всех подопытных животных были бледно-розового цвета, умеренно влажные и целые. На 15-й день у двух крыс из четвертой опытной группы заметили незначительное посинение кончика хвоста. На 25-й день в четвертой опытной группе у некоторых животных начала выпадать шерсть. Измерение массы тела крыс показало, что в контрольной и опытной группах у обоих полов наблюдался постоянный прирост веса на протяжении 15 суток. В четвертой опытной группе у белых крыс на 17—25-й день был заметен незначительный спад веса.

По полученным результатам исследования гистологических картин установлено, что у животных контрольной группы в печени архитектоника сохранена, балочная структура четкая. Признаков дистрофии, некроза или значительной воспали-

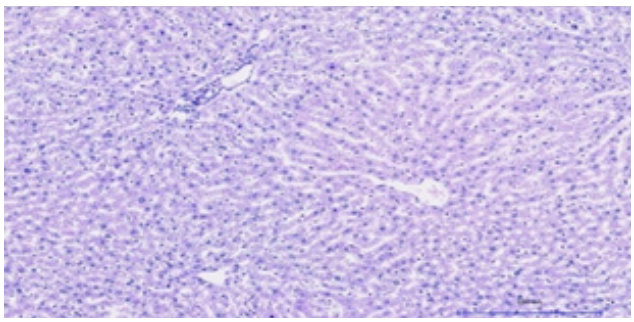


Рисунок 1 *— Фрагмент паренхимы клетки печени контрольной группы белых крыс. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 1 *— A fragment of liver parenchyma from a control group of white rats. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

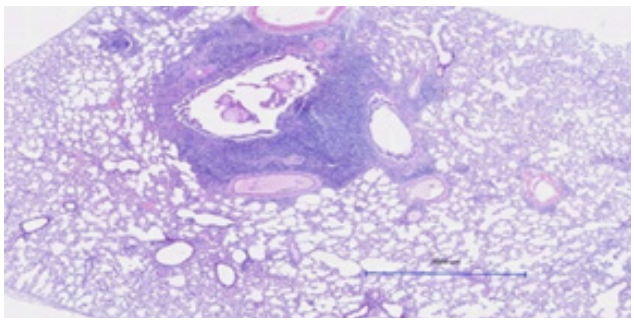


Рисунок 2 *— Фрагмент паренхимы легкого контрольной группы белых крыс. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 2 *— Lung parenchyma fragment from a control group of white rats. Hematoxylin and eosin staining. X400.*

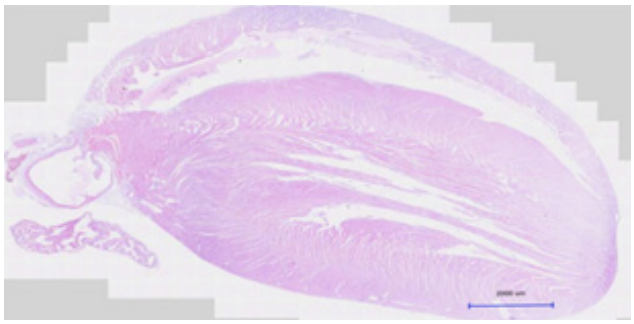


Рисунок 3 *— Продольный срез сердце крысы контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином. Х100.*

Figure 3 *— Longitudinal section of the heart of a control group rat. Stained with hematoxylin and eosin. X100.*

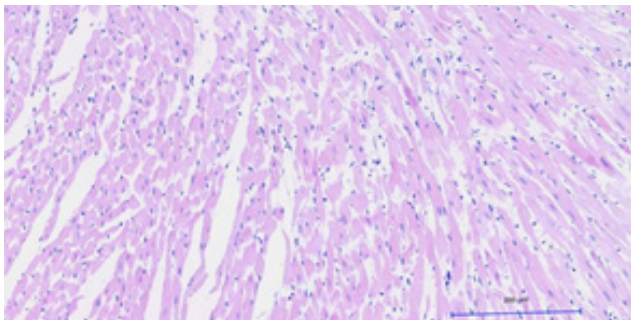


Рисунок 4 *— Циркулярный срез стенки желудка крысы контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 4 *— Circular section of the stomach wall of a control rat. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

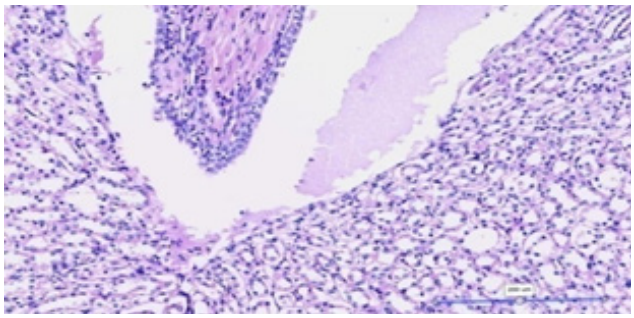


Рисунок 5 *— Срез почки, мозговой слой и область лоханки крысы контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 5 *— Kidney section, medulla, and renal pelvis area from a control rat. Hematoxylin and eosin staining. X400.*

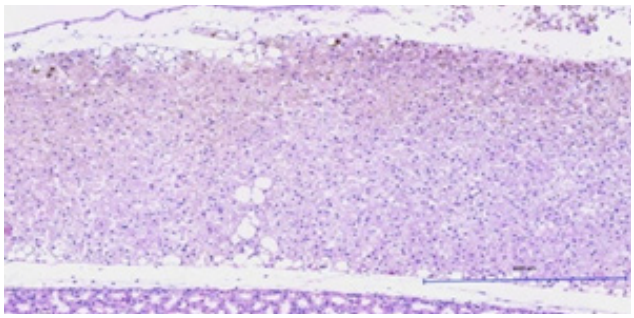


Рисунок 6 *— Фрагмент надпочечника крысы контрольной группы. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 6 *— A fragment of the adrenal gland of a control group rat. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

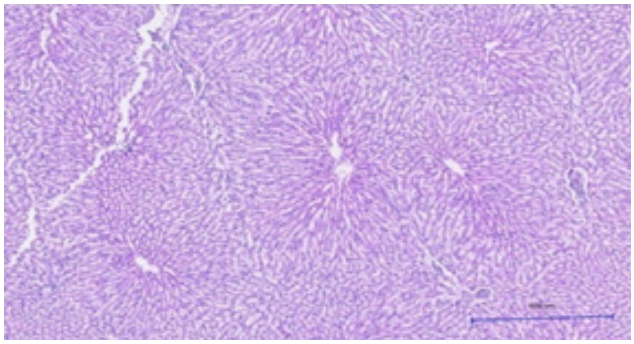


Рисунок 7 *— Фрагмент паренхимы печени белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 7 *— A fragment of liver parenchyma from white rats at a 1/50 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

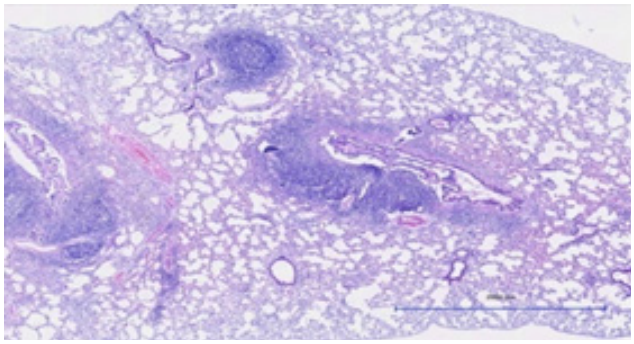


Рисунок 8 *— Фрагмент паренхимы легкого белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 8 *— A fragment of lung parenchyma from albino rats at a 1/50 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

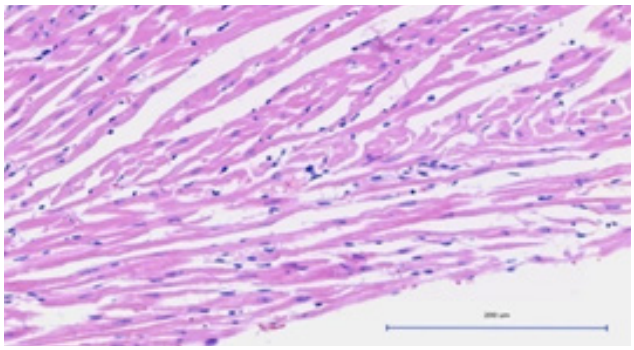


***Рисунок 9** — Миокард правого желудочка белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

***Figure 9** — Right ventricular myocardium of white rats at a 1/50 dose. Hematoxylin and eosin staining. X400.*

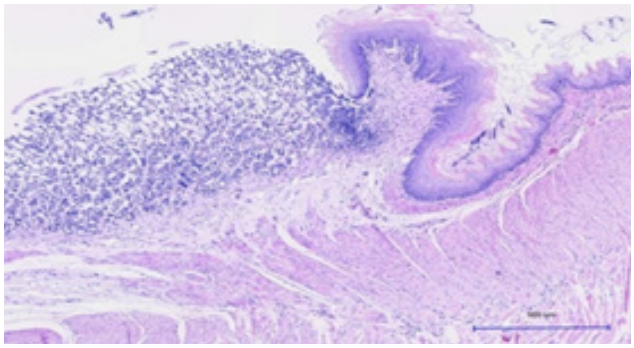


***Рисунок 10** — Слизистая желудка белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

***Figure 10** — Gastric mucosa of white rats at 1/50 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

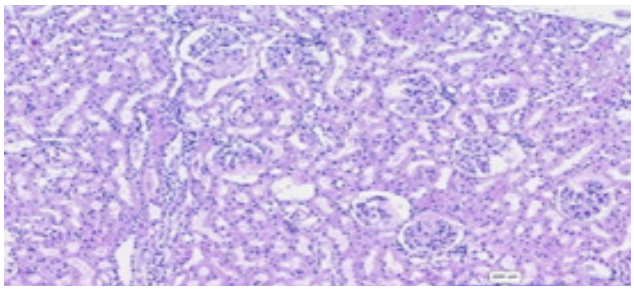


***Рисунок 11** — Срез почки белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

***Figure 11** — Kidney section of white rats at 1/50 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

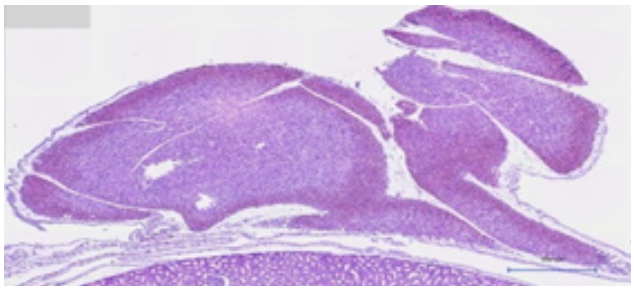


***Рисунок 12** — Фрагмент надпочечника белых крыс при 1/50 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

***Figure 12** — Adrenal gland fragment from white rats at 1/50 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

тельной инфильтрации не выявлено (рис. 1). В легких наблюдается физиологически выраженная бронхо-ассоциированная лимфоидная ткань (БАЛТ) и незначительное утолщение альвеолярных перегородок за счет умеренной инфильтрации мононуклеарными клетками, что расценена как фоновая картина (рис. 2). В сердечной мышце, желудке, почках и надпочечниках патологических изменений не выявлено (рис. 3—6).

Анализ гистологических данных опытных групп проводили с применением балльной системы. При исследовании органов животных всех опытных групп не было выявлено грубых структурных нарушений.

В легких наблюдается физиологически выраженная бронхо-ассоциированная лимфоидная ткань (БАЛТ). Отмечается незначительное утолщение альвеолярных перегородок за счет умеренной инфильтрации мононуклеарными клетками (плазмоциты, лимфоциты, макрофаги), что может быть расценено как фоновая картина для животных вивария.

Крупные фрагменты печеночной паренхимы содержат четкую балочную архитектонику. Значимая воспалительная инфильтрация не представлена.

В сердечной мышце миокард правого и левого желудочков, а также межжелудочковой перегородки без патологических изменений. Кардиомиоциты расположены правильно, признаков дегенерации, воспаления или фиброза нет.

Слизистая оболочка с очаговыми признаками аутолиза (посмертного изменения), что не является патологией. Участки, выстланные многослойным плоским эпителием, сохранены. Воспалительная инфильтрация не выражена.

Структура почки и надпочечника коркового и мозгового вещества почек, а также клубочков не нарушена. Канальцы имеют просвет, признаков дистрофии или цилиндров нет. Надпочечники обычного строения.

Исследованиями гистологической картины органов белых крыс опытных групп при применении — 1/50 дозы от максимальной (933,4 мг/кг), установлено, что печень, сердце, желудок, почки, надпочечники у этих животных не отличались от контрольной группы. Не выявлено дозозависимых или значимых патологических изменений, специфичных для действия фосфониевой соли (рис. 7—12).

В тканях легкого сохраняется картина, аналогичная контролю: выраженная БАЛТ и слабое утолщение межальвеолярных перегородок. У животных опытной группы при 1/50 дозе отмечена более заметная, но все, же слабая нейтрофильная инфильтрация в перегородках на фоне гиперемии и отложений фибрина, что может указывать на минимальные признаки острого воспаления, не переходящего в значимую патологию.

При применении препарата в дозе 1/20 от максимальной подопытным белым крысам гистологическая картина органов (печень, сердце, желудок, почки, надпочечники) у этих животных статистически не отличалась от таковой в контрольной группе. Не выявлено дозозависимых или значимых патологических изменений, специфичных для действия фосфониевой соли.

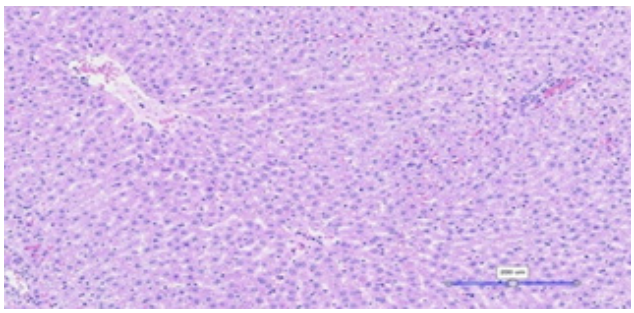


Рисунок 13 *— Фрагмент паренхимы печени белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 13 *— A fragment of liver parenchyma from white rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

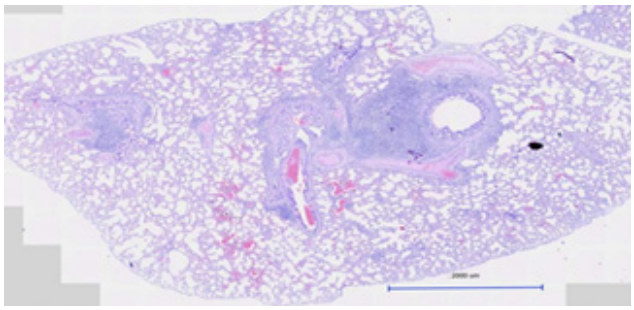


Рисунок 14 *— Фрагмент паренхимы легкого белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 14 *— A fragment of lung parenchyma from albino rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

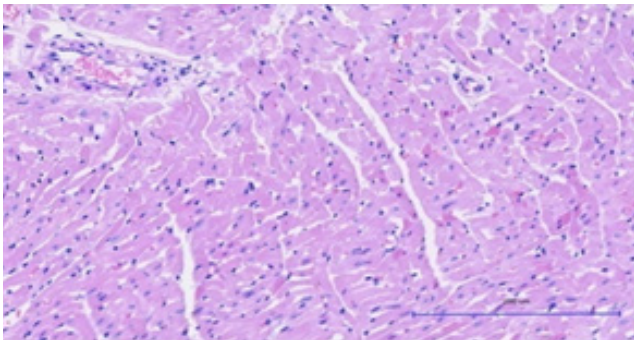


Рисунок 15 *— Миокард правого желудочка белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 15 *— A fragment of lung parenchyma from albino rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

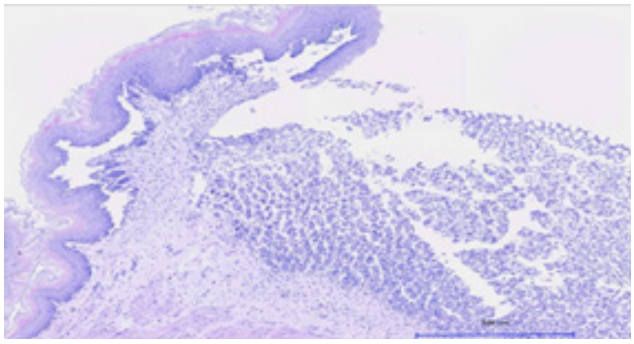


Рисунок 16 *— Слизистая желудка белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 16 *— Gastric mucosa of white rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

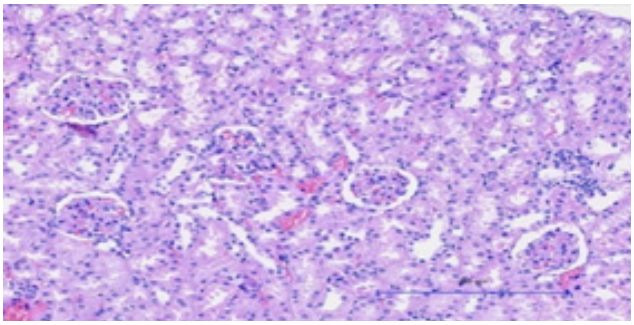


Рисунок 17 *— Срез почки белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 17 *— Kidney section of white rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

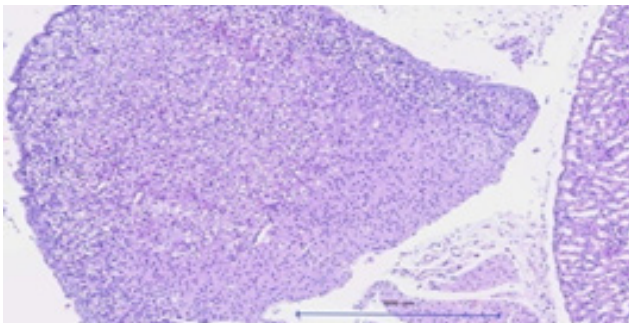


Рисунок 18 *— Фрагмент надпочечника белых крыс при 1/20 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 18 *— A fragment of the adrenal gland of albino rats at 1/20 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

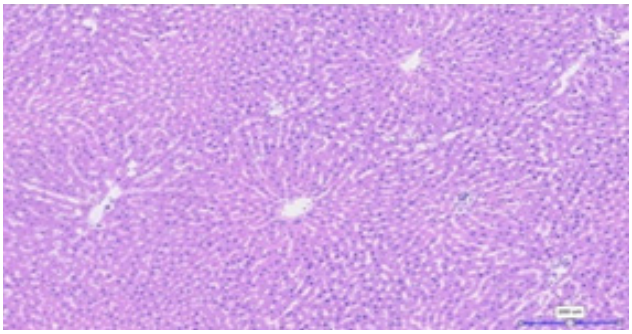


Рисунок 19 *— Фрагмент паренхимы печени белых крыс при 1/10 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 19 *— A fragment of liver parenchyma from white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

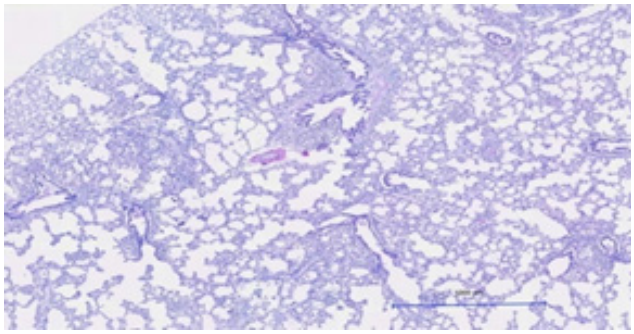


Рисунок 20 *— Фрагмент паренхимы легкого белых крыс при 1/10 дозе.Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 20 *— A fragment of lung parenchyma from white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

В легких сохраняется картина, аналогичная контролю: выраженная БАЛТ и слабое утолщение межальвеолярных перегородок. У животного отмечена более заметная, но все, же слабая нейтрофильная инфильтрация в перегородках на фоне гиперемии и отложений фибрина, что может указывать на минимальные признаки острого воспаления, не переходящего в значимую патологию (рис. 13—18).

Направленные фрагменты описаны аналогично контрольному случаю. Значимых морфологических изменений относительно контрольных животных не получено.

При пероральном применении 1%-го раствора четвертичной фосфониевой соли в дозе — 1/10 от максимальной дозы (933,4 мг/кг), выявлены следующие отличия от контрольного животного: фрагмент паренхимы легкого, альвеолярные перегородки умеренно утолщены. Интерстиций инфильтрирован слабо-умеренно мононуклеарами и полиморфно ядерными лейкоцитами (рис. 19—24).

На рисунках у животных опытной группы, где применяли 1/10 дозу препарата выявлены более существенные комплексы изменений, отличающиеся от контроля. В картине печени при сохранной дольковой архитектонике и отсутствии воспаления отмечен умеренный анизокариоз гепатоцитов (вариабельность размеров ядер). Данный признак может трактоваться двояко: как проявление регенераторной активности печени в ответ на воздействие, либо как начальный признак токсического эффекта.

В ткани легкого обнаружены наиболее выраженные изменения, интерпретируемые как хроническая активная интерстициальная пневмония. Признаки: умеренное диффузное утолщение альвеолярных перегородок. Снижение воздушности легочной ткани (ателектаз) на 25—30 %. Слабо-умеренная инфильтрация интерстиция смешанным клеточным составом: мононуклеарами (лимфоциты, макрофаги) и полиморфноядерными лейкоцитами (нейтрофилы). Это указывает на персистирующий воспалительный процесс. Бронхо-ассоциированная лимфоидная ткань (БАЛТ) гиперплазирована.

В гистокартине сердца, желудка, почек, надпочечников значимых морфологических отклонений не обнаружено. Единственное можно отметить, что при максимальной дозе у опытных групп животных изменения в легких могут иметь клиническое значение и потенциально коррелировать с респираторным дистрессом, хотя в протоколе явных признаков дыхательной недостаточности не зафиксировано. Отсутствие подобных выраженных изменений у других животных из той же дозированной группы (1/10) требует осторожной интерпретации: это может быть связано с индивидуальной чувствительностью, латентной инфекцией или иным сопутствующим фактором.

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS. Проведенное исследование хронической токсичности четвертичной фосфониевой соли (3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида) на белых крысах позволяет сделать следующие выводы: отсутствие

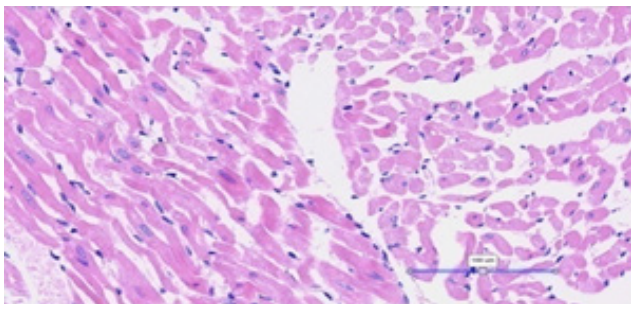


Рисунок 21 *— Миокард правого желудочка белых крыс при 1/10 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 21 *— Right ventricular myocardium of white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

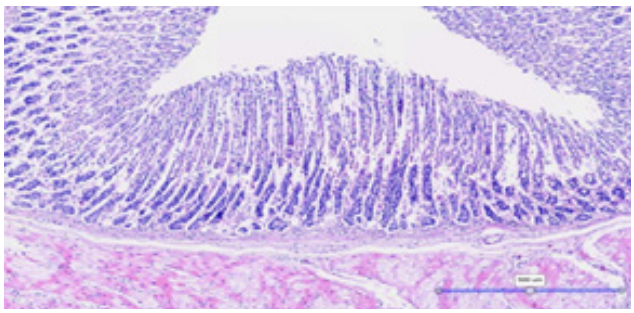


Рисунок 22 *— Циркулярный срез стенки желудка белых крыс при 1/10 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 22 *— Circular section of the stomach wall of white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

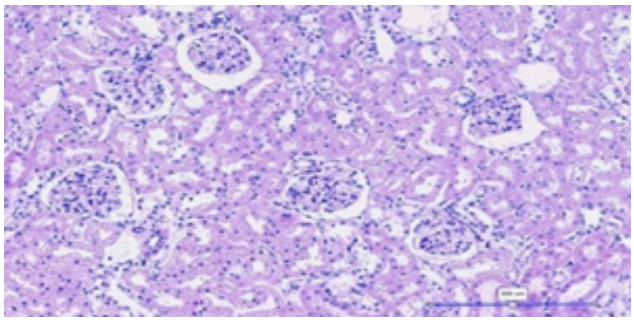


Рисунок 23 *— Срез почки белых крыс при 1/10 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 23 *— Kidney section of white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

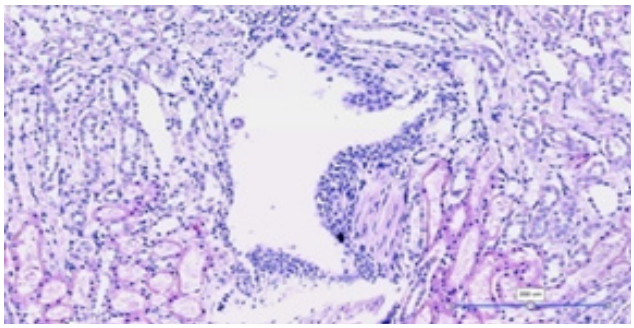


Рисунок 24 *— Срез почки, мозговой слой и область лоханки белых крыс при 1/10 дозе. Окраска гематоксилином и эозином. Х400.*

Figure 24 *— Kidney section, medulla, and renal pelvis of white rats at 1/10 dose. Stained with hematoxylin and eosin. X400.*

системного органопатологического действия; у подавляющего большинства подопытных животных, получавших вещество в испытанном диапазоне доз (вплоть до 93,34 мг/кг/сут), не выявлено статистически значимых и дозозависимых гистопатологических изменений в таких критически важных органах, как сердце, почки, надпочечники и желудок.

Изменения в легочной ткани (наличие бронхо-ассоциированной лимфоидной ткани, умеренное утолщение альвеолярных перегородок с мононуклеарной инфильтрацией) носили фоновый характер и встречались с равной частотой во всех группах, включая контрольную. Статистический анализ (критерий Краскела-Уоллиса, $P>0,05$) не выявил достоверного влияния исследуемого соединения на развитие интерстициальных процессов в легких. Выявленные единичные случаи более выраженной реакции в группе с максимальной дозой не укладываются в дозозависимый тренд и, вероятно, обусловлены индивидуальной вариабельностью или латентными инфекциями, что подчеркивает необходимость предварительного скрининга животных в будущих исследованиях.

MICROSCOPIC STUDIES OF THE INTERNAL ORGANS OF RATS WITH PROLONGED USE OF PHOSPHONIUM SALT

Vakhitov I. I. — Attached person of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology (ORCID 0009-0009-6824-8364); **Khairullin D. D. * —** Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0003-1426-7454); **Asrutdinova R. A. —** Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Technology animal husbandry, feeding and zoo hygiene (ORCID 0000-0003-2214-8017); **Romanov S. R. —** PhD in Chemistry, Associate Professor, Department. VM and EOS, Butlerov Chemical Institute of KFU (ORCID0000-0002-9270-8932).

Kazan State Agrarian University, Kazan (Volga Region) Federal University.

* ddhairullin@yandex.ru.

Financing: The work was carried out with the support of the Russian Science Foundation 25-26-00250 https://rscf.ru/project/25-26-00250.

ABSTRACT. *Quaternary phosphonium salts are promising compounds due to their high lipophilicity and membranotropic activity, but data on their chronic toxicity are limited. The aim of the research was to conduct a histological assessment of the chronic toxicity of 3-(decyloxy)-3-oxopropyl triphenylphosphonium chloride with prolonged oral administration. The study was performed on 24 sexually mature white rats (males and females), divided into 4 groups. Animals received a 1 % solution of the compound intragastrically for 30 days at doses of 18,67, 46,67 and 93,34 mg/kg (1/50, 1/20 and 1/10 of LD50). The control group received distilled water. Clinical observation and body weight assessment were performed. After euthanasia, necropsy and histological analysis of organs (liver, lungs, heart, stomach, kidneys, adrenal glands) stained with hematoxylin and eosin were performed. During the experiment, animals of the experimental groups showed a temporary decrease in appetite, and at the maximum dose, a slight loss of body weight and alopecia. Histological analysis showed that the compound in doses up to 93,34 mg/kg does not cause dose-dependent pathological changes in the heart, liver, kidneys, adrenal glands and stomach. The structure of the myocardium, hepatocytes, and nephrocytes remained intact. Background bronchoassociated lymphoid tissue (BALT) and slight thickening of the interalveolar septa were observed in the lungs of all groups, including the control group. In the group with the maximum dose, some animals showed moderate interstitial changes (infiltration by mononuclears and neutrophils), but there were no statistically significant differences from the control ($p>0,05$), which was regarded as an individual variation against the background of a chronic experiment. It was found that the investigated quaternary phosphonium salt in the studied dose range does not have a systemic toxic effect on parenchymal organs. The revealed pulmonary changes are of a background nature and are not associated with a dose-dependent effect, which justifies the prospects for further study of the compound for practical use.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галкина И. В., Егорова С. Н. Биологическая активность четвертичных солей фосфония и перспективы их медицинского применения. Медицинский альманах. — 2009. — № 3(8). — С. 142—145. EDN JTMQEQ.

2. Нафикова А. В. и др. Синтез, структура, биологическая активность фосфониевых солей полученных на основе реакции трис(3-фторфенил)фосфина с акриловой кислотой и ее производными. XXVII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с межд. участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 16—18 апреля 2024 года. — Нижний Новгород: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский гос. университет им. Н. И. Лобачевского», 2024. — С. 170.

REFERENCES

1. Galkina I. V., Egorova S. N. Biological activity of quaternary phosphonium salts and prospects for their medical use. Medical almanac. — 2009. — № 3(8). — P. 142—145. EDN JTMQEQ.

2. Nafikova A. V. et al. Synthesis, structure, and biological activity of phosphonium salts obtained from the reaction of tris(3-fluorophenyl)phosphine with acrylic acid and its derivatives. XXVII All-Russian Conf. of Young Chemical Scientists (with International participation): Abstracts, Nizhny Novgorod, April 16—18, 2024. Nizhny Novgorod: FSAEI of Higher Education «N. I. Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University», 2024, p. 170.

3. Galkina I. V. Synthesis, structure and antimicrobial activity of sterically hindered bis-phosphonium derivatives of 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol / I. V. Galkina et al. // Mendeleev Communications. — 2023. — Vol. 33, No. 5. — P. 635—637. DOI 10.1016/j.mencom.2023.09.014.

4. Галкина И. В., Бахтияров Д. И., Романов С. Р. и др. Противовоспалительная мазь для лечения ран и способ ее получения: пат. №2834852 С1 Россия. заяв. 20.09.2024: опубл. 14.02.2025.

5. Галкина И. В., Бахтияров Д. И., Романов С. Р. и др. Противовоспалительное средство для лечения диффузного катарального кератита и катарального конъюнктивита в ветеринарии: пат. №2808893 С1 Россия. №2023114264: заяв. 31.05.2023; опубл. 05.12.2023.

6. Давлетшин Р. Р., Седов А. Н., Шулаева М. П. и др. А-Гидроксифосфонаты с алкильными заместителями у атома фосфора, обладающие антимикробной активностью: пат. №2834476 С1 Российская Федерация. заяв. 27.08.2024: опубл. 11.02.2025.

7. Баранова С. Н. и др. Синтез новых четвертичных фосфониевых солей на основе производных тиазолидин-2,4-диона. Материалы и технологии XXI века: Сб. тезисов VIII Всерос. с международным участием школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Казань, 04—05 декабря 2025 года. — Казань: ООО «Редакционно-издательский центр «Школа», 2025. — С. 69.

8. Болдарев А. А. и др. Поиск и разработка способа терапии при послеродовых эндометритах у коров. Международный вестник ветеринарии. — 2020. — No 2. — С. 204—209.

9. Galkina I. V., Fan H., Romanov S. R. et al. Bioactive Dioxo-Phosphobetaines derived from the reaction of Dichlorodinitrobenzofuroxane with various phosphines. Bioorganic Chemistry. — 2025. — Vol. 163. — P. 108695.

10. Вахитов И. И., Хайруллин Д. Д. Изучение токсичности соли фосфония на белых крысах. Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всерос. научно-практ. конференции, посвященной 75-летию Дальневосточного гос. агр. университета. В 3-х томах, Благовещенск, 16—17 апреля 2025 года. — Благовещенск: Дальневосточный гос. аграрный университет, 2025. — С. 17—21. DOI 10.22450/978-5-9642-0602-6-17-21.

11. Вахитов И. И. Изучение макроскопической картины внутренних органов белых крыс при применении соли фосфония. Междисциплинарные подходы в биологии, медицине и науках о Земле: теоретические и прикладные аспекты: Материалы симпозиума XX (LII) Межд. научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 22 апреля 2025 года. — Кемерово: Кемеровский гос. университет, 2025. — С. 150—153. EDN DECNPI.

12. Вахитов И. И. и др. Изучение хронической токсичности соли фосфония (3-(децилокси)-3-оксопропил трифенилфосфоний хлорида). Вестник Марийского гос. университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. — 2025. — Т. 11, №4(44). — С. 328—335.

13. Хайруллин Д. Д., Шакиров Ш. К. Токсикологическая оценка углеводно-витаминно минерального концентрата «лизунец солевит» (лакто элита) на белых крысах. Международный вестник ветеринарии. — 2019. — № 1. — С. 72—76. EDN KOVVLZ.

14. Асрутдинова Р. А., Петров М. С. и др. Изучение биохимических показателей крови лабораторных животных на фоне длительного применения соли фосфония. Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. — 2025. — № 3(55). — С. 514—520. DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202503025.

3. Galkina I. V. Synthesis, structure and antimicrobial activity of sterically hindered bis-phosphonium derivatives of 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol / I. V. Galkina et al. // Mendeleev Communications. — 2023. — Vol. 33, No. 5. — P. 635—637. DOI 10.1016/j.mencom.2023.09.014.

4. Galkina I. V. et al. Anti-inflammatory ointment for the treatment of wounds and the method of its preparation: patent No. 2834852 C1 Russia application form. 09/20/2024: published on 02/14/2025.

5. Galkina I. V., Bakhtiyarov D. I., Romanov S. R. et al. Anti-inflammatory agent for the treatment of diffuse catarrhal keratitis and catarrhal conjunctivitis in veterinary medicine: patent No. 2808893 C1 Russia. No.2023114264: application. 05/31/2023; published on 12/05/2023.

6. Davletshin R. R., Sedov A. N., Shulaeva M. P. et al.. A-hydroxyphosphonates with alkyl substituents at the phosphorus atom with antimicrobial activity: patent No. 2834476 C1 Russian Federation. application form. 08/27/2024: published on 02/11/2025.

7. Baranova S. N. et al, Synthesis of new quaternary phosphonium salts based on thiazolidine-2,4-dione derivatives. Materials and Technologies of the XXI century: A collection of Abstracts of the VIII All-Russian Intern. School Conf. of Students, Postgraduates and Young Scientists, Kazan, December 04—05, 2025. — Kazan: Editorial and Publishing Center «School» LLC, 2025. — p. 69.

8. Boldarev A. A. et al. Search and development of a method of therapy for postpartum endometritis in cows. Intern. Bulletin of Vet. Medicine. — 2020. — No. 2. — P. 204—209.

9. Galkina I. V., Fan H., Romanov S. R. et al. Bioactive Dioxo-Phosphobetaines derived from the reaction of Dichlorodinitrobenzofuroxane with various phosphines. Bioorganic Chemistry. — 2025. — Vol. 163. — P. 108695.

10. Vakhitov I. I., Khairullin D. D. Study of the toxicity of phosphonium salt in white rats. Agro-industrial complex: problems and prospects of development: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Far Eastern State Agrarian University. In 3 volumes, Blagoveshchensk, April 16—17, 2025. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agr. University, 2025. P. 17—21. DOI 10.22450/978-5-9642-0602-6-17-21.

11. Vakhitov I. I. Study of the macroscopic picture of the internal organs of white rats with the use of phosphonium salt. Interdisciplinary approaches in Biology, medicine, and Earth Sciences: Theoretical and Applied Aspects: Proceedings of the Symposium of the XX (LII) International Sci.Conf. of Students, Postgraduates, and Young Scientists, Kemerovo, April 22, 2025. Kemerovo: Kemerovo State University, 2025. P. 150—153. EDN DECNPI.

12. Vakhitov I. I. et al. Study of chronic toxicity of phosphonium salt (3-(decyloxy)-3-oxopropyl triphenylphosphonium chloride). Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences. — 2025. — Vol. 11, No. 4(44). — P. 328—335.

13. Khairullin D. D., Shakirov S. K. Toxicological assessment of the carbohydrate-vitamin-mineral concentrate «lizunets solevit» (lacto elite) on white rats. International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2019. — No. 1. — pp. 72—76. EDN KOVVLZ.

14. Asrutdinova R. A., Petrov M. S. et al. Study of biochemical parameters of blood of laboratory animals against the background of prolonged use of phosphonium salt. Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. — 2025. — № 3(55). — Pp. 514—520. DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202503025.

УДК: 619:636.2.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.254

МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ В КОНТЕКСТЕ СУБКЛИНИЧЕСКОГО КЕТОЗА КОРОВ-МАТЕРЕЙ

Протасова Е. М.* — асп. 3-го года очной формы обучения по специальности 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ORCID 0009-0003-8133-5071); **Кочуева Н. А.*** – д-р биол. наук, профессор каф. внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0002-6637-4924); **Чаицкая К. Д.** — канд. ветеринар. наук, доцент каф. внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства (ORCID 0000-0003-3282-4779).

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

*protasova.em1@yandex.ru; kochueva_n@mail.ru.

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, голштинская порода, телята, морфобиохимические показатели крови, субклинический кетоз.*

Key words: *cattle, Holstein breed, calves, blood morphobiochemical parameters, subclinical ketosis.*

Поступила в редакцию / Received: 26.03.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Цель работы — дать оценку морфобиохимических показателей крови телят, полученных от клинически здоровых и с признаками субклинического кетоза первотелок голштинской породы. На базе специализированного хозяйства Костромского района Костромской области было сформировано две группы телят голштинской породы в возрасте четырех дней: 1-я группа (контрольная) – телята, полученные от здоровых первотелок-матерей (n=10), 2-я группа (подопытная) – телята, полученные от первотелок-матерей с признаками субклинического кетоза (n=20). В образцах венозной крови у телят определяли гематологические и биохимические показатели: количество эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов, лейкоцитов и их фракций, индексы MCV, MCH, MCHC, RDW, MPV, гематокрит, СОЭ, содержание кетоновых тел, глюкозы; в сыворотке крови устанавливали уровень общего белка, альбуминов, глобулинов, альбумин-глобулиновое отношение, общего, прямого и непрямого билирубина, креатинина, триглицеридов, холестерина, мочевины, ферментативную активность аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, гамма-глютамилтрансферазы, коэффициент де Ритиса. Цифровой материал обработан методом вариационной статистики с использованием программы MS Excel. На основании проведенных исследований установлено, что на 4-й день после рождения у телят, полученных от первотелок голштинской породы с признаками субклинического кетоза наблюдают изменения гематологического и биохимического профиля: более высокий уровень кетоновых тел в крови, статистически достоверные отличия в лейкограмме телят– преобладание лимфоцитов и моноцитов; низкое содержание белка, при достоверно более высоких значениях альбумин-глобулинового коэффициента и низким количеством белков глобулиновой фракции на фоне высокой концентрации креатинина в крови. Ферментная активность в крови телят от больных первотелок характеризовалась более высокими показателями ЩФ, ГГТ и АЛТ, при достоверно более низких значениях коэффициента де Ритиса.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Одной из актуальных проблем промышленного животноводства является диагностика и разработка мер борьбы с болезнями незаразной этиологии, среди которых значительное место занимают заболевания молодняка. В настоящее время при интенсификации отрасли молочного скотоводства необходимо учитывать физиологические возможности и особенности организма животных на всех стадиях их индивидуального развития [1]. При этом современная технология ведения скотоводства сопровождается высокими физиологическими нагрузками на различные органы и ткани животных и поэтому все чаще встречаются болезни обмена веществ, протекающие преимущественно в субклинической форме [2]. Одним из распространенных метаболических патологий у высокопродуктивных животных является кетоз молочных коров, сопровождающийся увеличением в крови стельных коров уровня токсических веществ [2, 3]. Субклинический кетоз встречается повсеместно в течение первых трех недель после отела (во вторую половину транзитного периода) [4].

Полноценность кормления, правильное содержание матерей во время беременности оказывают исключительно большое влияние на рост и развитие плода. Несоответствие рационов в сухостойном периоде вызывает у коров ряд нарушений обменных процессов в их организме [5, 6]. Большинство заболеваний молодняка инициируются дистрофическими процессами, в возникновении которых ведущая роль принадлежит негативным

факторам внешней среды [7]. Проникновение кетоновых тел из крови больной кетозом матери через плацентарный барьер провоцирует токсическое поражение плода. В последствии у новорожденных телят это может проявляется целым комплексом нарушений. В первую очередь наблюдаются неврологические расстройства в виде угнетенного состояния и ослабления сосательного рефлекса, а также ряд метаболических нарушений с дисбалансом кальция, фосфора и глюкозы [6]. Нарушение энергетического баланса в это время ведет к резкому углеводному дефициту, уменьшению запасов гликогена в печени и развитию гипогликемии [8].

Научные исследования убедительно демонстрируют, что нарушения обмена веществ и кетоз у коров-матерей оказывают комплексное негативное влияние на жизнеспособность, постнатальное развитие, темпы роста и сохранность потомства. Исследователи отмечают увеличение заболеваемости диспепсией, нарушения формирования кишечной микрофлоры, колострального иммунитета, белкового, жирового и минерального обмена, развитие патологий печени [5, 6, 9, 10].

Цель работы — дать оценку морфобиохимических показателей крови телят, полученных от клинически здоровых и с признаками субклинического кетоза первотелок голштинской породы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ /MATERIALS AND METHODS. Исследования проводили на базе ООО «Сущево» Костромского района Костромской области, специализирующемся на разведении крупного рогатого скота голштинской породы при круглогодичном безвыгульном содержании.

В период 2024—2025 гг. было сформировано две группы телят голштинской породы в возрасте четырех дней: 1-я группа (контрольная) — телята, полученные от здоровых первотелок-матерей (n=10), 2-я группа (подопытная) — телята, полученные от первотелок-матерей с признаками субклинического кетоза (n=20).

Образцы венозной крови у телят получали до кормления путем пункции яремной вены в две специализированные одноразовые стерильные вакуумные пробирки: в одну с К2ЭДТА, во вторую – с активатором свертывания крови. Содержание кетоновых тел (КТ, ммоль/л) и глюкозы (Glu, ммоль/л) определяли в цельной крови при помощи экспресс-анализаторов (TD-4235E и TD-4268 GDH-FAD, Тайвань), исследование гематологических и биохимических показателей проводилось в лицензированной ветеринарной лаборатории «ВЕТТЕСТ» (Россия).

В стабилизированных пробах крови определяли количество лейкоцитов (WBC, $\times 10^9$/л), гранулоцитов (GRAN, $\times 10^9$/л, %), моноцитов (MONO, $\times 10^9$/л, %), лимфоцитов (LYMP, $\times 10^9$/л, %), концентрацию гемоглобина (HGB, г/л), эритроцитов (RBC, $\times 10^{12}$/л), средний объем эритроцита (MCV, фл), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH, пг), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC, г/л), ширину распределения эритроцитов (RDW, %), тромбоцитов (PLT, $\times 10^9$/л), средний объем тромбоцитов (MPV, фл) скорость оседания эритроцитов (СОЭ, мм/ч) и гематокрит (HCT, %). В сыворотке крови определяли уровень общего белка (TP, г/л), альбуминов (Alb, г/л), глобулинов (Glob, г/л), общего, прямого и непрямого билирубина (T.bil, D.bil, мкмоль/л), креатинина (мкмоль/л), триглицеридов (Trig, ммоль/л), холестерина (Chol, холестерола, ммоль/л), мочевины (Urea, ммоль/л), ферментативную активность аспартатаминотрансферазы (АСТ, AST, Е/л), аланинаминотрансферазы (АЛТ, ALT, Е/л), щелочной фосфатазы (ЩФ, ALP, Е/л), гамма-глютамилтрансферазы (ГГТ, GGT, Е/л). Для оценки состояния белкового обмена организма определяли высчитывали альбумин-глобулиновое отношение (А/Г), выражаемый отношением количества альбуминов к количеству глобулинов в сыворотке крови. Для оценки функционального состояния печени определяли Коэффициент де Ритиса (соотношение активности ферментов АСТ и АЛТ).

Цифровой материал экспериментальных данных обработан методом вариационной статистики с использованием программного MS Excel. Достоверность различия сравниваемых показателей по критерию Стьюдента отражена соответствующими обозначениями: *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. При анализе полученных данных исследования на 4-й день жизни телят установили, что количество эритроцитов у всего молодняка находились в пределах референсных значений для животных этого возраста (референсный интервал 5,1–9,3 $\times 10^{12}$/л [11—13] (табл. 1). При этом показатели гемоглобина, среднего объема эритроцита, среднего содержания гемоглобина в эритроците и средняя концентрация гемоглобина в эритроците определялись в меньших значениях у телят от здоровых матерей, но разница в большинстве случаев была недостоверная, что может указывать на легкую степень анемии и состояния микроцитоза без эритропении [12, 14]. Большинство авторов предполагают, что субклинический кетоз не сопровождается изменениями в количестве эритроцитов, гемоглобина и гематокрита. Схожая динамика были нами обнаружена и у телят, полученных от здоровых и больных субклиническим кетозом первотелок-матерей [15, 16].

Содержание лейкоцитов в крови телят превышало референсные значения (референсный интервал 7,1—12,1$\times 10^9$/л [11, 13, 17], но выраженных отличий в группах выявлено не было (см. табл.1). При этом имелись достоверные различия в лейкоцитарной формуле. Так, в лейкограмме телят, полученных от здоровых первотелок, преобладали гранулоциты и этот показатель был выше на 27,17 % (P<0,001) по сравнению с молодняком во второй группе. В группе телят, полученных от матерей больных субклиническим кетозом, значительная доля лейкоцитов приходилась на лимфоциты, превышая таковой у телят первой группы на

45,15 % (P<0,001). Количество моноцитов в крови было на 35,29 % выше у телят второй группы, чем у молодняка, полученного от здоровых матерей. Ряд авторов отмечали, что у коров при субклиническом кетозе в послеотельный период уровень лейкоцитов был выше по сравнению со здоровыми животными и увеличивался за счет почти всех составляющих лейкограммы, но при субклиническом кетозе у лактирующих коров вследствие усиленной липомобилизации и кетогенеза обнаружили статистически значимые изменения и в количестве лимфоцитов (лимфоцитоз) [4, 16, 18], что в свою очередь, может влиять на процессы гемопоэза у молодняка.

СОЭ определялась в пределах референсных значений у животных обеих групп (0,5—1,5 мм/ч [11, 13, 17]). Значения гематокрита также не имели достоверных различий между группами телят и были низкими у всех животных (при референсных значениях 35—37 % [11, 13, 17]).

Тромбоциты принимают активное участие в свертывании крови и неспецифических защитных реакциях организма [19]. Количество кровяных пластинок у всего молодняка находилось в пределах референсных границ (250—700 $\times 10^9$ /л) [12], но у телят от больных матерей уровень тромбоцитов и индекс MPV были выше, чем у животных контрольной группы (см. табл.1).

При анализе данных биохимического исследования периферической крови установили, что у телят, полученных от матерей с субклиническим кетозом, содержание кетоновых тел составляет 0,32±0,04 ммоль/л, что в 3,6 раз (P<0,001) превышает таковое у телят от здоровых матерей (табл.2). Требухов А. В. с соавт. (2022) отмечали, что высокий уровень кетоновых тел у телят, рожденных от больных кетозом коров через 3 дня после рождения объясняется высокими концентрациями фракции АсАс у коров-матерей в этот период. Ряд авторов предполагают, что повышенное содержание кетоновых тел в крови молодняка связано со свободным проникновением кетоновых тел через плаценту коров-матерей и рождением телят с изначально высоким уровнем кетоновых тел [2, 20].

В контексте влияния кетоза матерей на биохимический профиль телят в первые дни жизни, особое значение отводили исследованию основных показателей метаболизма: углеводного, белкового и липидного обмена.

Содержание глюкозы в крови у телят двух групп не имело значительных различий, и колебалось в пределах значений 6,45±0,20…6,54±0,31 ммоль/л (см. табл.2), что превышало рекомендуемые референсные значения (4,5—5,0 ммоль/л [11, 13, 17]).

Количество общего белка и глобулинов в крови телят, полученных от здоровых матерей, было выше соответственно на 8,3 % и 16,8 % (P<0,05), чем во второй группе, в то время как показатели альбуминов и А/Г-соотношение, наоборот, у них были меньше соответственно 5,0 % на 23,5 % (P<0,05),

Таблица 1 — Гематологические показатели телят на 4-й день после рождения (M±m)

Table 1 — Hematological parameters of calves on the 4th day after birth (M±m)

Показатель	Контрольная группа телят (от здоровых первотелок-матерей), n=10	Подопытная группа телят (от больных первотелок-матерей), n=20
Эритроциты, $\times 10^{12}$ /л	7,19±0,44	7,08±0,42
Гемоглобин, г/л	91,00±5,40	100,65±5,89
MCV, фл	40,96±0,70	44,53±1,16 **
MCH, пг	13,10±1,03	15,40±1,73
MCHC, г/л	315,7±22,10	340,05±29,84
RDW, %	19,85±1,53	19,43±1,38
Лейкоциты, $\times 10^9$/л, в т.ч.	13,22±2,85	14,81±2,18
Гранулоциты, %	62,20±4,60	45,30±5,58 ***
Гранулоциты, $\times 10^9$/л	7,25±1,06	5,45±0,66
Моноциты, %	1,70±0,52	2,30±0,55
Моноциты, $\times 10^9$/л	0,25±0,10	0,56±0,21
Лимфоциты, %	36,10±4,50	52,40±5,39 ***
Лимфоциты, $\times 10^9$/л	5,72±1,82	10,80±3,02
Тромбоциты, $\times 10^9$ /л	611,0±76,32	641,60±56,33
MPV, фл	8,64±0,10	8,88±0,09
СОЭ, мм/ч	0,93±0,11	1,07±0,09
Гематокрит, %	29,5±2,02	31,66±2,27

Примечание: *достоверность различий исследований приведена в сравнении с контрольной группой (телята от здоровых матерей): * — P<0,05; **— P<0,01; *** — P<0,001.*

чем у молодняка от первотелок с субклиническим кетозом (см. табл. 2). Требухов А. В. (2021) отмечал, что у телят, полученных от матерей, страдающих кетозом, можно наблюдать специфическое нарушение обмена веществ, которое проявляется диспротеинемией, повышенным содержанием кетоновых тел в крови по сравнению с показателями телят, родившихся от клинически здоровых коров [21].

При анализе содержания метаболитов белкового обмена установлено, что количество мочевины в крови было выше референсных значений у всех исследованных животных, причем у телят от здоровых коров-матерей данный показатель имел тенденцию к более низким значениям в сравнении с телятами от больных первотелок (см. табл. 2). Количество креатинина в крови также имели бóльшие значения в группе телят, полученных от первотелок с субклиническим кетозом – превышение составило 24,9 %, хотя разница была недостоверной (см. табл. 2).

Более низкие значения глюкозы, общего белка, глобулинов на фоне высоких показателей метаболитов белкового обмена могут свидетельствовать о нарушении белково-углеводного обмена и более низком уровне иммунной защиты у молодняка, полученного от первотелок-матерей с субклиническим кетозом. Это связано, вероятно, с напряженным белковым обменом в крови коров-матерей в сухостойном периоде, что оказывает влияние на метаболические процессы при внутриутробном и постнатальном развитии телят [22].

При анализе показателей липидного обмена выявлена разнонаправленная тенденция показателей у всех телят: более низкие значения холестерина и высокие триглицеридов в сравнении с референсными рекомендуемыми интервалами (см. табл. 2), причем значимых различий в концентрации этих элементов крови между группами исследуемых телят не выявлено. Повышение уровня триглицеридов может иметь место при холестазе у животных [12].

Одним из основных показателей функционального состояния печени является пигментный обмен. Содержание общего билирубина было высоким у животных обеих групп (см. табл.2), его значения определялись выше референсных значений для этого вида животных (4,7—8,2 мкмоль/л [11, 13, 17]). При этом концентрация всех видов билирубина была выше у телят, полученных от здоровых матерей: общего билирубина — на 14,5 %, прямого билирубина — на 35,6 %, непрямого билирубина — на 8,9 %.

Динамика активности ферментов у коров в сухостойном периоде свидетельствует о функциональных изменениях в организме коров в период глубокой беременности и отражает обменные процессы в системе мать-плод [23]. В первые дни после рождения у телят происходит формирование ферментной системы, что напрямую связано с их

Таблица 2 — Биохимические показатели крови телят на 4-й день после рождения

Table 2 — Biochemical parameters of calves› blood on the 4th day after birth

Показатель	Контрольная группа телят (от здоровых первотелок-матерей), n=10	Подопытная группа телят (от больных первотелок-матерей), n=20
Общие кетоновые тела, ммоль/л	0,09±0,01	0,32±0,04 ***
Глюкоза, ммоль/л	6,54±0,31	6,45±0,20
Общий белок, г/л	65,74±3,34	60,26±2,09
Альбумины, г/л	25,53±1,75	26,82±0,81
Глобулины, г/л	40,21±3,21	33,44±1,83 *
А/Г	0,68±0,08	0,84±0,05 *
Мочевина, ммоль/л	6,96±1,43	7,25±1,52
Креатинин, мкмоль/л	154,46±27,42	192,95±31,23
Холестерин, ммоль/л	1,58±0,15	1,56±0,07
Триглицериды, ммоль/л	0,62±0,10	0,55±0,05
Общий билирубин, мкмоль/л	12,76±2,91	10,91±2,36
Прямой билирубин, мкмоль/л	3,87±0,92	2,81±0,37
Непрямой билирубин, мкмоль/л	8,89±2,00	8,10±2,23
АСТ, Е/л	48,28±3,85	46,32±2,67
АЛТ, Е/л	11,80±1,20	24,50±6,78 ***
Коэффициент де Ритиса	4,45±0,54	3,03±0,30 ***
ЩФ, Е/л	319,71±22,62	363,41±34,08
ГГТ, Е/л	554,94±78,63	570,32±57,73

Примечание: *достоверность различий исследований приведена в сравнении с контрольной группой (телята от здоровых матерей): * — P<0,05; **— P<0,01; *** — P<0,001.*

интенсивным ростом, развитием органов, становлением всех функциональных систем организма [24]. Чаще всего исследуют индикаторные ферменты, которые, находясь и функционируя внутри клеток, в кровь попадают вследствие нарушения проницаемости клеточных мембран [17], и дают оценку содержанию печеночных ферментов в сыворотке, индикаторов цитолитического синдрома, основу которой составляют ферменты: аланинаминотрансфераза и аспартатаминотрансфераза, γ-глутамилтрансфераза, щелочная фосфатаза и др, которые достаточно широко применяются в клинической практике [25]. Активность трансаминаз у телят имеет определенную зависимость от состояния продуктивности коров-матерей и более лабильна у молодняка от высокопродуктивных коров [22].

Ферментативная активность АСТ, АЛТ и ЩФ у всех телят находилась в референсных пределах (см. табл. 2). При этом, если активность АСТ у телят разных групп практически не отличалась, то концентрация других ферментов у телят от больных субклиническим кетозом матерей была выше — АЛТ в 2,1 раза ($P<0,001$), ЩФ — на 13,7 %. Коэффициент де Ритиса у телят первой группы был достоверно выше на 31,9 % ($P<0,001$). Анализ активности ГГТ не выявил значительных различий между группами телят, но также, как и АЛТ, имел тенденцию к более высоким показателям у потомства первотелок с субклиническим кетозом в среднем на 2,8 %. Данные различия в ферментативной активности у телят от больных матерей могут быть обусловлены изменением у них состояния печени, особенно с явлениями холестаза [18, 22].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В ходе проведенного исследования выявили, что у телят, рожденных от коров-матерей с субклиническим кетозом, на 4-й день после рождения наблюдался более высокий уровень кетоновых тел в крови, чем у потомства здоровых животных. Обнаружены статистически достоверные отличия в лейкограмме телят, полученных от коров с метаболическими нарушениями, выраженные в преобладании лимфоцитов и более высоком уровне моноцитов, в сравнении с телятами от здоровых коров. В аспектах белкового обмена у телят, полученных от первотелок с субклиническим кетозом, наблюдали сравнительно более низкое содержание белка, при достоверно более высоких значениях альбумин-глобулинового коэффициента и низким количеством белков глобулиновой фракции.

Ферментная активность в крови телят данной группы характеризовалась более высокими показателями ЩФ, ГГТ и АЛТ, при достоверно более низких значениях коэффициента де Ритиса. Также, у телят, полученных от больных матерей, отмечали высокие концентрации креатинина в крови. В совокупности, данные признаки могут указывать на развитие патологического процесса в печени телят, полученных от коров с метаболическими нарушениями.

Таким образом уже на 4-й день после рождения у телят, полученных от первотелок голштинской породы с признаками субклинического кетоза наблюдают повышение уровня кетоновых тел в крови, изменения гематологического и биохимического профиля.

MORPHOBIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS IN NEWBORN CALVES IN THE CONTEXT OF SUBCLINICAL KETOSIS IN COWS

Protasova E. M.* — 3rd-year graduate student in the field of Animal Pathology, Morphology, Physiology, Pharmacology, and Toxicology (ORCID ORCID 0009-0003-8133-5071); **Kochueva N. A.** — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0002-6637-4924); **Chaickaya K. D.** — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics (ORCID 0000-0003-3282-4779).

FSBEI HE Kostroma SAA.

*protasova.em1@yandex.ru; kochueva_n@mail.ru.

ABSTRACT. *One of the common metabolic disorders in high-yielding animals is ketosis in dairy cows, which is accompanied by an increase in toxic substances in the blood of pregnant cows, and in newborn calves can manifest as a whole range of metabolic disturbances. The aim of this study is to evaluate the morphobiochemical blood parameters of calves born to clinically healthy heifers and those with signs of subclinical ketosis in Holstein breed. Two groups of Holstein calves aged four days were formed at a specialized farm in the Kostroma region: Group 1 (control) — calves born to healthy heifers (n=10), Group 2 (experimental) — calves born to heifers with signs of subclinical ketosis (n=20). In samples of venous blood from the calves, hematological and biochemical parameters were determined: the number of erythrocytes, hemoglobin, platelets, leukocytes and their fractions, MCV, MCH, MCHC, RDW, MPV indices, hematocrit, ESR, levels of ketone bodies, and glucose; in serum, the levels of total protein, albumin, globulins, albumin-globulin ratio, total, direct, and indirect bilirubin, creatinine, triglycerides, cholesterol, urea, and enzymatic activity of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, and gamma-glutamyltransferase, as well as the De Ritis ratio were determined. The numerical data were processed using variance statistics with the MS Excel program. Based on the conducted research, it was established that on the 4th day after birth, calves born to Holstein heifers with signs of subclinical ketosis showed changes in their hematological and biochemical profiles: a*

higher level of ketone bodies in the blood, statistically significant differences in the leukogram of the calves-predominance of lymphocytes and a higher level of monocytes; lower protein content, with significantly higher values of the albumin-globulin ratio and low levels of globulin fraction proteins against a backdrop of high creatinine concentration in the blood. The enzymatic activity in the blood of calves from affected heifers was characterized by higher levels of ALP, GGT, and ALT, with significantly lower values of the De Ritis ratio.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сабетова, К.Д. Диагностика болезней сердца телят костромской породы / К.Д. Сабетова, Н.А. Кочуева // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. — 2017. — № 86. — С. 56—59.

2. Требухов, А. В. Кетоз коров и телят : учебное пособие / А. В. Требухов, А. А. Эленшлегер, С. П. Ковалев [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 132 с.

3. Brunner N., Groeger S.,Rraposo J.C., Bruckmaier R.M., Gross J.J. Prevalence of subclinical ketosis and production diseases in dairy cows in Central and South America, Africa, Asia, Australia, New Zealand, and Eastern Europe // Translation Animal Science, 3 — 2019 — 19—27.

4. Никитин, Г.С. Влияние субклинического и клинического кетоза на гематологические показатели крови высокопродуктивных коров / Г.С. Никитин, Г.В. Ширяев, Е.В. Никиткина // Международный вестник ветеринарии — 2022. — № 3, — С. 151—156. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.3.151.

5. Эленшлегер, А. А. Зависимость между уровнем кетогенеза коров-матерей и заболеваемостью диспепсией новорожденных телят / А.А. Эленшлегер, М.Н. Пасько // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2011. — № 3. — С. 87—88.

6. Юзлекбаев, Ф. Ф. Выживаемость телят, рожденных от коров с кетозом / Ф. Ф. Юзлекбаев, Р. Р. Халиков, А. А. Башаров // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: материалы Межд. научно-практической конференции, посвященной 100-летию учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» гос. академия вет. медицины» (г. Витебск, 4—6 ноября 2024 г.) / Витебская гос. академия вет. медицины. — Витебск: ВГАВМ, 2024. — С. 465—469.

7. Попова, О.С. Иммунометаболические риски у телят в пери од изменения типа кормления и возможности их фармакологической корректировки / О.С. Попова, П.А. Паршин, Ю.Н. Алехин // Международный вестник ветеринарии — 2024. — № 2. — С. 141—150. — DOI: 10.52419/ISSN2072-2419.2024.2.141.

8. Племяшов К. В. Проблема продуктивных возможностей и производственного долголетия коров в Ленинградской области / К. В. Племяшов, Г. М. Андреев, Т. Дмитриева, М. Стахеева / Международный вестник ветеринарии. — 2008. — № 3. — С. 6—8.

9. Требухов А. В. Клинико-биохимические аспекты кетоза у молочных коров // Ветеринария. 2017. № 10. С. 46—49.

10. Halfen, J. Physiological states leading to subclinical ketosis in Holstein dairy cows may negatively impact postnatal growth and gut microbiome development in their offspring / J. Halfen, N. A. Carpinelli, S. Lasso-Ramirez [et al.] // Microorganisms. — 2023. — Vol. 11, № 7. — Art. 1839. DOI: 10.3390/microorganisms11071839.

11. Иванов, А. А. Клиническая лабораторная диагностика : Учебное пособие для вузов / А. А. Иванов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-7682-4.

REFERENCES

1. Sabetova, K.D. Diagnostics of heart diseases in Kostroma calves / K.D. Sabetova, N.A. Kochueva // Proceedings of the Kostroma State Agricultural Academy. — 2017. — No. 86. — P. 56—59.

2. Trebukhov, A. V. Ketosis in cows and calves: a tutorial / A. V. Trebukhov, A. A. Elenschleger, S. P. Kovalev [et al.]. — St. Petersburg: Lan, 2022. — 132 p.

3. Brunner N., Groeger S., Rraposo J. C., Bruckmaier R. M., Gross J. J. Prevalence of subclinical ketosis and production diseases in dairy cows in Central and South America, Africa, Asia, Australia, New Zealand, and Eastern Europe // Translation Animal Science, 3 — 2019 — 19—27.

4. Nikitin, G. S. The influence of subclinical and clinical ketosis on hematological parameters of the blood of highly productive cows / G. S. Nikitin, G. V. Shiryaev, E. V. Nikitkina // International Bulletin of Veterinary Medicine — 2022. — No. 3, — P. 151—156. DOI: 10.52419/issn2072—2419.2022.3.151.

5. Elenschleger, A. A. The relationship between the level of ketogenesis in mother cows and the incidence of dyspepsia in newborn calves / A. A. Elenshleger, M. N. Pas'ko // Bulletin of the Altai State Agrarian University. — 2011. — No. 3. — P. 87—88.

6. Yuzlekbaev, F. F. Survival of calves born from cows with ketosis / F. F. Yuzlekbaev, R. R. Khalikov, A. A. Basharov // Actual problems of treatment and prevention of diseases of young animals: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the educational institution «Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Vet. Medicine» (Vitebsk, November 4—6, 2024) / Vitebsk State Academy of Vet. Medicine. — Vitebsk: VGAVM, 2024. — P. 465—469.

7. Popova, O. S. Immunometabolic risks in calves during the period of changing the feeding type and the possibilities of their pharmacological adjustment / O. S. Popova, P. A. Parshin, Yu.N. Alekhine // International Veterinary Bulletin — 2024. — No. 2. — Pp. 141—150. — DOI: 10.52419/ISSN2072—2419.2024.2.141.

8. Plemyashov K. V. The problem of productive capabilities and production longevity of cows in the Leningrad region / K. V. Plemyashov, G. M. Andreev, T. Dmitrieva, M. Stakheeva / International Veterinary Bulletin. — 2008. — No. 3. — P. 6—8.

9. Trebukhov A.V. Clinical and biochemical aspects of ketosis in dairy cows // Veterinary Science. 2017. No. 10. P. 46—49.

10. Halfen, J. Physiological states leading to subclinical ketosis in Holstein dairy cows may negatively impact postnatal growth and gut microbiome development in their offspring / J. Halfen, N. A. Carpinelli, S. Lasso—Ramirez [et al.] // Microorganisms. — 2023. — Vol. 11, No. 7. — Art. 1839. DOI: 10.3390/microorganisms11071839.

11. Ivanov, A. A. Clinical laboratory diagnostics: A textbook for universities / A. A. Ivanov. — 2nd ed., reprinted — Saint Petersburg: Lan, 2021. — 432 p. — ISBN 978-5-8114-7682-4.

12. Васильев, Ю. Г. Гематология : учебник для вузов / Ю. Г. Васильев, Е. И. Трошин, А. И. Любимов, Д. С. Берестов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 464 с. — ISBN 978-5-507-51585-1.

13. Кондрахин, И. П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / И. П. Кондрахин и др. ; под общ. ред. И. П. Кондрахина .// — Москва : КолосС, 2004. — ISBN 5-9532-0165-6.

14. Полозюк, О. Н. Гематология : учебное пособие / О.Н. Полозюк, Т. М. Ушакова ;Донской ГАУ. — Персиановский : Донской ГАУ, 2019. — 159 с (гематология).

15. Sahinduran, S., Sezer K., Buyukoglu T., Albay M.K., Karakurum M.C. (2010). Evaluation of some haematological and biochemical parameters before and after treatment in cows with ketosis and comparison of different treatment methods. J. Anim.Vet. Adv. 9, 266—271.

16. Marutsova V. Comparative clinical and hematological investigations in lactating cows with subclinical and clinical ketosis // V. Marutsova, R. Binev, P. Marutsov // Macedonian Veterinary Review. — 2015. — № 38 (2). — P. 159—166. DOI: 10.14432/ j.macvetrev.2015.04.042.

17. Методы диагностики болезней сельскохозяйственных животных / А. П. Курдеко, С. П. Ковалев, В. Н. Алешкевич [и др.] ; под редакцией А. П. Курдеко, С. П. Ковалев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 208 с. — ISBN 978-5-507-47968-9.

18. Schulz K. Effects of elevated parameters of subclinical ketosis on the immune system of dairy cows: in vivoandin vitroresults / K. Schulz, J. Frahm, S. Kersten, U. Meyer, D. Reiche, H. Sauerwein, S. Dänicke // Archives of Animal Nutrition. — 2015. — №69 (2).

19. Науменко, П. А. Гематологические показатели крови у телят молочного периода выращивания / П.А. Науменко, Е.А. Комкова, Х.М. Зайналабдиева, Д.Л. Арсанукаев // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2013. Т. 40. № 1. С. 122—125.

20. Михин, Г. Г. Влияние субклинического кетоза коров на заболевание телят диспепсией // Известия ОГАУ. — 2013. — №3 (41). — С. 109—111.

21. Требухов, А. В. Особенности нарушения обмена у телят, рожденных от коров, больных кетозом / А. В. Требухов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2021. — № 6 (200). — С. 44—47.

22. Кочуева, Н.А. Динамика активности ферментов белкового обмена у телят костромской породы / Н.А. Кочуева, Т.Ю. Воронина // Вестник ветеринарии. — 2013. — № 3 (66). — С. 35—37. EDN: RMWZFN.

23. Kochueva, N., Evaluation of the activity of enzymes of pregnant and non-pregnant cows / N. Kochueva, K .Sabetova // Reproduction in Domestic Animals. — 2019. — Т. 54. — № S3. — С. 111.

24. Кузьминова, Е. В. Диагностическое значение биохимических показателей крови при гепатопатологиях / Е. В. Кузьминова, М. П. Семененко, Е. А. Старикова, Т. В. Михалёва // Ветеринария Кубани. — 2013. — № 5. — С. 11—13.

25. Попова, О. С. Обзор современных методов диагностики заболеваний гептобилиарной системы / О.С. Попова, В.С. Понамарев, А.В. Кострова, Л.А. Агафонова // Международный вестник ветеринарии. — 2023. — № 1. — С. 113-122. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.1.113

12. Vasiliev, Yu. G. Hematology: a textbook for universities / Yu. G. Vasiliev, E. I. Troshin, A. I. Lyubimov, D. S. Berestov. — 2nd ed., reprinted — Saint Petersburg: Lan, 2024. — 464 p. — ISBN 978-5-507-51585-1.

13. Kondrakhin, I. P. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: a handbook / I. P. Kondrakhin et al.; general editorship. I. P. Kondrakhina.// — Moscow: KolosS, 2004. — ISBN 5-9532-0165-6. EDN QKWKND.

14. Polozyuk, O. N. Hematology: a tutorial / O. N. Polozyuk, T. M. Ushakova; Donskoy SAU. — Persianovsky: Donskoy SAU, 2019. — 159 p. (hematology).

15. Sahinduran, S., Sezer K., Buyukoglu T., Albay M. K., Karakurum M. C. (2010). Evaluation of some haematological and biochemical parameters before and after treatment in cows with ketosis and comparison of different treatment methods. J. Anim. Vet. Adv. 9, 266—271.

16. Marutsova V. Comparative clinical and hematological investigations in lactating cows with subclinical and clinical ketosis // V. Marutsova, R. Binev, P. Marutsov // Macedonian Veterinary Review. — 2015. — No. 38 (2). — P. 159—166. DOI: 10.14432/ j.macvetrev.2015.04.042.

17. Methods for diagnosing diseases of farm animals / A. P. Kurdeko, S. P. Kovalev, V. N. Aleshkevich [et al.]; edited by A. P. Kurdeko, S. P. Kovalev. — 4th ed., reprinted — St. Petersburg: Lan, 2023. — 208 p. — ISBN 978-5-507-47968-9.

18. Schulz K. Effects of elevated parameters of subclinical ketosis on the immune system of dairy cows: in vivo and in vitro results / K. Schulz, J. Frahm, S. Kersten, U. Meyer, D. Reiche, H. Sauerwein, S. Dänicke // Archives of Animal Nutrition. — 2015. — No. 69 (2).

19. Naumenko, P.A. Hematological blood parameters in calves during the growing period / P.A. Naumenko, E.A. Komkova, H.M. Zaynalabdieva, D.L. Arsanukaev // Bulletin of the Oryol State Agrarian University. 2013. Vol. 40. No. 1. P. 122—125.

20. Mikhin, G.G. The influence of subclinical ketosis in cows on the disease of calves with dyspepsia // Bulletin of the OGAU. — 2013. — No. 3 (41). — P. 109—111.

21. Trebukhov, A. V. Features of metabolic disorders in calves born from cows with ketosis / A. V. Trebukhov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. — 2021. — No. 6 (200). — P. 44—47.

22. Kochueva, N.A. Dynamics of the activity of protein metabolism enzymes in Kostroma calves / N.A. Kochueva, T.Yu. Voronina // Veterinary Bulletin. — 2013. — No. 3 (66). — P. 35—37. EDN: RMWZFN

23. Kochueva, N., Evaluation of the activity of enzymes of pregnant and non—pregnant cows / N. Kochueva, K. Sabetova // Reproduction in Domestic Animals. — 2019. — Vol. 54. — No. S3. — P. 111.

24. Kuzminova, E. V. Diagnostic value of biochemical blood parameters in hepatopathologies / E. V. Kuzminova, M. P. Semenenko, E. A. Starikova, T. V. Mikhaleva // Veterinary Science of Kuban. — 2013. — No. 5. — P. 11—13.

25. Popova, O. S. Review of modern methods for diagnosing diseases of the heptobiliary system / O. S. Popova, V. S. Ponomarev et al. // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2023. — No. 1. — P. 113—122. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.1.113.

УДК: 591.471.37:599.742.75
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.261

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАДНЕБЕДРЕННОЙ ГРУППЫ МЫШЦ РАЗГИБАТЕЛЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У СОБОЛЯ

Оганов Э. О. — доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова (ORCID 0000-0003-1206-4397), e-mail: oganoff.eldiar@yandex.ru; **Слесаренко Н. А. —** д-р биол. наук, профессор каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова (ORCID 0000-0002-8350-5965), e-mail: slesarenko2009@yandex.ru; **Широкова Е. О. —** доцент каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова (ORCID 0000-0003-4891-5405), e-mail: shirokovaelena2022@yandex.ru.

ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К. И. Скрябина.

Ключевые слова: *соболь, фасции, скелетные мышцы, тазовая конечность, тазобедренный сустав.*

Key words: *sable, fascia, skeletal muscle, pelvic limb, hip joint.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье представлены анатомические особенности заднебедренной и ягодичной групп разгибателей тазобедренного сустава у соболя. Установлено послойное взаиморасположение данных мышц, и точки их закрепления на костях тазовой конечности. Установлено послойное расположение структур тазовой конечности соболя. Определены места закрепления изучаемых мышц, выполняемые мышцами функции и их принадлежность к определённому типу мышц. Показано отсутствие у соболя каудального абдуктора голени, а хвостобедренная мышца подвержена значительной регрессии и становится синергистом двуглавой мышцы бедра. Материалом для исследований служил секционный материал — тазовые конечности (n=16), отобранные от соболя, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Выявленные анатомические особенности этих мышц могут отражать их функциональную взаимосвязь, являются эталонными в оценке структурно-функционального состояния мышц заднебедренной группы разгибателей тазобедренного сустава у соболя.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Российская Федерация является мировым лидером по поставке на мировой рынок очень дорогого собольего меха. Согласно общедоступным источником ежегодно в мире продаётся 500—600 тысяч собольих шкурок, большая часть из которых это российский соболь. Самым ценным считается баргузинский соболь. Соболь обитает по всей Сибири, на Дальнем востоке и на Сахалине, в горах Алтая и в северной Монголии. Однако для заготовки такого большого количества меха широко используют животных из питомников и ферм. Соболь занесён в международную красную книгу МСОП как вид вызывающий наименьшее опасение. В Российской Федерации их популяция составляет более 1,4 миллиона особей. [2, 3, 10].

В соответствии с научной классификацией соболь относится к отряду хищников, семейству — куньи (*Mustelidae*), род — куницы, вид — *Martes zibellina*. Согласно литературным источникам, его продолжительность жизни составляет до 18 лет, а в питомниках может достигать 22 лет. При рождении щенки соболя весят 25—35 грамм и длиной тела 10—12 см. Рождаются голенькими с редким пушком. Глаза открывают с 30 по 36 дни. С 7 недель жизни они переходят на пережёванную матерью пищу. Половая зрелость животного наступает к 2-м годам. У взрослого соболя масса тела составляет от 0,7 до 1,8 кг. Известно, что самцы весят на 10% больше самок. Длина тела самцов составляет 35—56 см, а хвоста — 10—17 см. Длина тела самок — 35—51 см и хвоста — 7,2—11,5 см. Животное очень подвижное и способно проходить от 6 до 12 км в день в поисках пищи. Передвигается прыжками длиной 30—70 см, хорошо плавает и отлично лазает по деревьям. Относится к стопоходящим животным [1, 2, 4—10]. Выяснение анатомо-топографических особенностей локомоторного аппарата, в частности костно—мышечного комплекса тазовой конечности у диких представителей куньих является одной из актуальных задач в области сравнительной анатомии.

Исходя из вышеизложенного, **цель** настоящего исследования — установить анатомо-топографические особенности заднебедренной группы мышц — разгибателей тазобедренного сустава у соболя. Определить их расположение и оценить функциональную значимость изучаемых структур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К. И.

Скрябина». Материалом для исследований служил секционный материал — тазовые конечности (n=16), отобранные от соболя, без внешних признаков патологий опорно-двигательного аппарата. Использовали методы тонкого макро- и микроанатомического препарирования под контролем бинокулярной лупы «Микромед HR 350 S», с последующим функциональным анализом изучаемых структур и скелетотопическим проецированием точек закрепления частей мышц.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Под кожей туловище соболя покрыто поверхностной фасцией. Мы установили, что на туловище скопления межфасциального жира расположены в предлопаточной области, большое скопления жира отмечены по краниальному контуру бедра (вплоть до области коленной складки), а также в паховой области (рис. 1 А—Г), кроме этого жировой полив — в поясничной, крестцовой и грудной областях, а также по белой линии живота. Межмышечный жир обнаружен в подмышечной и подколенной областях.

Поверхностная фасция с области живота и поясницы переходит на ягодичную и бедренную области. Нами установлено, что ягодичная фасция в сагиттальной плоскости закрепляется на надостистой связке, формируя здесь продольную («дорсальную») фасциальную пластину (Г—21). В каудальном направлении поверхностная ягодичная фасция продолжается до первых хвостовых позвонков, к хвостовой складке, в дистальном же направлении — продолжается в фасцию бедра и далее голени (А, Б — 1—3).

На латеральной поверхности бедра поверхностная фасция бедра, в области проксимальной трети позвоночной головки двуглавой мышцы бедра срастается с наружным листом глубокой бедренной фасции (В, Г—11), и далее, между каудальным краем двуглавой и полусухожильной мышц срастается с межмышечной фасциальной пластиной глубокой фасции (Г— 4).

Под поверхностной фасцией располагается *глубокая фасция*, которая плотно облегает ягодичную область, бедро и голень. В бедренной области между листами глубокой фасции в каудо—латеральной области бедра заключена двуглавая мышца бедра (рис. 2), а в медиальной области бедра — портняжная и стройная мышцы, которые формируют один пласт. Каудальной частью глубокая фасция покрывает мышцы, формирующие каудальный контур бедра (полусухожильную и полуперепончатую), затем продолжается на медиальную поверхность бедра (на стройную мышцу). В области краниального контура бедра, глубокая фасция продолжается от двуглавой мышцы бедра в краниальном направлении, при этом покрывает напрягатель широкой фасции бедра, с которой она плотно срастается только в области коленного сустава.

К одной из особенностей анатомии локомоторного аппарата тазовой конечности соболя можно отнести отсутствие *каудального абдуктора голени*.

Препарируя ***двуглавую мышцу бедра*** (*m. biceps femoris*) можно отметить, что она имеет треугольную форму — проксимальный конец заострён, а дистальный — расширен. Она подразделяется на позвоночную и седалищную головки. У соболя *позвоночная головка* хорошо развита. На её проксимальном, суженном мышечном конце, хорошо развито достаточно мощное проксимальное сухожилие, оно закрепляется на латеральном выросте седалищного бугра (рис. 2 В—11). Здесь позвоночная головка своим перимизием частично срастается с проксимальным концом позвоночной части полусухожильной мышцы. В дистальном направлении она своим каудальным краем срастается с седалищной головкой двуглавой мышцы (рис. 2

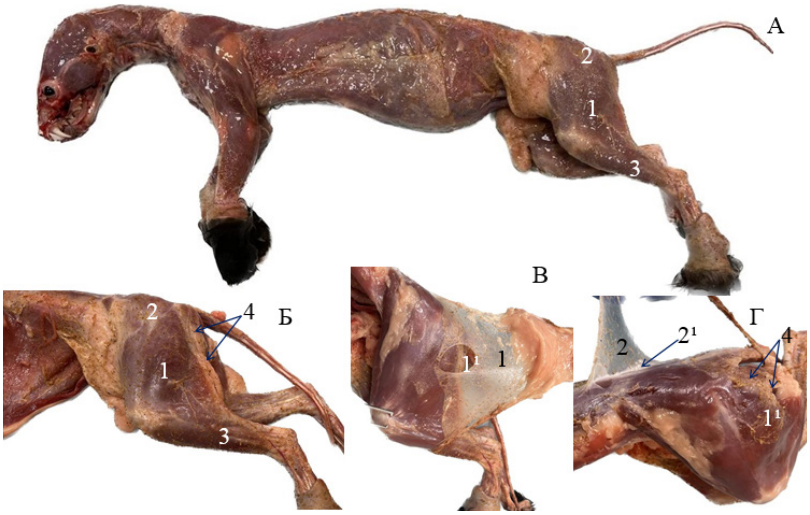


Рисунок 1 *— Макропрепарат соболя: А — после снятия кожи (вид слева), Б — поверхностная фасция на тазовой конечности, В— поверхностная ягодичная и бедренная фасции отведены; Г — место закрепления поверхностной ягодичной фасции: 1. Поверхностная фасция бедра, 11 — место фасциального узла на двуглавой мышце бедра; 2. Поверхностная ягодичная фасция, 21 — место закрепления поверхностной ягодичной фасции к надостистой связке; 3. Поверхностная фасция голени; 4. Фасциальная пластина между двуглавой и полусухожильной мышцами.*

Figure 1 *— Macroscopic preparation of sable: A — after removal of skin (left view), B — superficial fascia on the pelvic limb, C — superficial gluteal and femoral fasciae are retracted; G — place of attachment of superficial gluteal fascia: 1. Superficial fascia of the thigh, 11 — place of fascial node on biceps femoris; 2. Superficial gluteal fascia, 21 — place of attachment of superficial gluteal fascia to supraspinous ligament; 3. Superficial fascia of the leg; 4. Fascial plate between biceps and semitendinosus muscles.*

В—12). В проксимальной трети её мышечные волокна направлены кранио—вентрально, а далее — по всей длине продольно, к коленному суставу и проксимальной трети голени (Б—11), при этом, на её наружной поверхности, на дистальном конце формируется сухожильное зеркало (А, Б—10).

В краниальном направлении глубокая фасция бедра, отходящая от двуглавой мышцы бедра, рыхло покрывает напрягатель широкой фасции бедра. Дистальный позвоночной головки формирует пластинчатой формы сухожильный конец, который покрывает латеральную поверхность коленного сустава и проксимальную треть голени, а далее переходит в глубокую фасцию голени. На медиальной (внутренней) поверхности дистального конца двуглавой мышцы бедра, по всей длине его основания, параллельно голени формируется длинное, тонкое «*латеральное пяточное сухожилие*» (рис. В—13), которое начинается мышечными волокнами от краниального края внутренней поверхности позвоночной головки двуглавой мышцы, затем на уровне проксимальной трети голени переходит в сухожильные волокна данного сухожилия. Оно расположено на внутренней поверхности седалищной головки двуглавой мышцы, параллельно трёхглавой мышце голени и ахилловому сухожилию, в которое в дальнейшем вплетается своими сухожильными волокнами.

Седалищная головка двуглавой мышцы бедра на проксимальном конце, под каудальным краем позвоночной головки, формирует тонкое проксимальное сухожилие (длинной около 1 см), которое направляется к латеральному выросту седалищной кости (рис. 2 Б—12). В дистальном направлении, седалищная головка уплощается и расширяется. Её мышечные волокна дивергируют в дистальном направлении к латеральной поверхности средней трети голени, и на дистальном конце расширяясь, также переходит в глубокую фасцию голени.

Двуглавая мышца бедра относится к динамостатическому типу. Экстензор тазобедренного и заплюсневого сустава, а также флексор и абдуктор коленного сустава.

Хвостобедренная мышца (*m. caudofemoralis*) — у соболя отличается от таковой у других животных имеющих данную мышцу, например у кроликов, зайцев, кошачьих (рис. 2 В, Г, Д—4; рис. 3 А, Б, Д— 3) [3—9]. Она небольшая, расположена по каудальному краю латеральной головки четырёхглавой мышцы бедра, под краниальным краем позвоночной головки двуглавой мышцы бедра. Её мышечное брюшко имеет веретеновидную форму, мышца динамического типа. Начинается она уплощённым сухожилием (длинной 0,5 см) от средней части крестцово-бугровой связки (рис. 2 В— 41; рис. 3 А—31), проходит краниальнее сухожилия позвоночной головки двуглавой мышцы бедра (соприкасаясь с ним, по его краниальному краю), на уровне которого продолжается в тонкое веретеновидной формы брюшко мышцы, которое лежит на каудальном крае латеральной головки четырёхглавой мышцы бедра, у латеральной по-

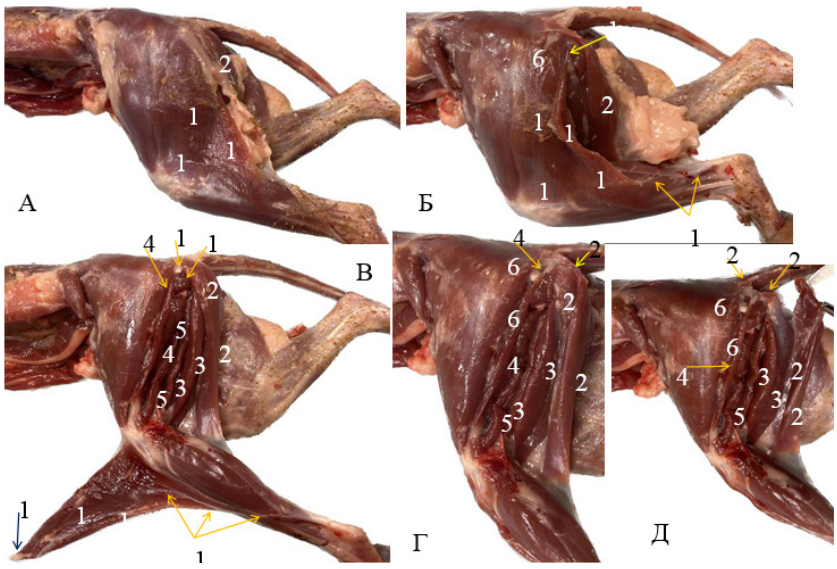


Рисунок 2 *— Оригинальный макропрепарат левой тазовой конечности соболя: А — общий вид на латеральной поверхности; Б — вид мест закрепления седалищной головки двуглавой мышцы бедра; В — вид мест закрепления позвоночной головки двуглавой мышцы бедра (срезана на проксимальном конце и отведена); Г — вид мышц расположенных по двуглавой мышцей бедра (с латеральной поверхности); Д — отсечён проксимальный конец полусухожильной мышцы: 1. Двуглавая м. бедра, 11 — позвоночная головка, 12 — седалищная головка и место закрепления её проксимального сухожилия, 13 — латеральное пяточное сухожилие, 10 — латеральное сухожильное зеркало; 2. Полусухожильная м., 21 — её позвоночная часть, 22— седалищная часть; 3. Полуперепончатая м., 31— берцовая часть; 32 — бедренная часть; 4. Хвостобедренная м., 41 — её проксимальное сухожилие; 5. Приводящая м., 51 — большая приводящая м., 52 — длинная приводящая м.; 6. Поверхностная ягодичная м., 61 — её краниальная и 62 — каудальная части.*

Figure 2 *— Original macropreparation of the left pelvic limb of a sable: A — general view on the lateral surface; B — view of the attachment sites of the ischial head of the biceps femoris; C — view of the attachment sites of the vertebral head of the biceps femoris (cut off at the proximal end and retracted); G — view of the muscles located under the biceps femoris (from the lateral surface); D — the proximal end of the semitendinosus muscle is cut off: 1. Biceps femoris, 11 — vertebral head, 12 — ischial head and attachment site of its proximal tendon, 13 — lateral calcaneal tendon, 10 — lateral tendon mirror; 2. Semitendinosus, 21 — its vertebral part, 22 — sciatic part; 3. Semimembranosus, 31 — tibial part; 32 — femoral part; 4. Caudofemoral, 41 — its proximal tendon; 5. Adductor, 51 — greater adductor, 52 — long adductor; 6. Superficial gluteal, 61 — its cranial and 62 — caudal parts.*

верхности бедренной кости и доходит до нижней трети данной кости, где закрепляется на ней своим дистальным сухожилием (рис. 3 Д—32).

Если сравнить хвостобедренную мышцу соболя с представителями других семейств животных (например, зайцеобразными и кошачьими), то у соболя дистальный конец мышцы не доходит до коленного сустава, а значит, не может на него воздействовать. Судя по всему, у соболя хвостобедренная мышца подверглась значительной регрессии, однако в соответствии с точками закрепления данной мышцы, можно предположить, что она функционирует в синергии с позвоночной головкой двуглавой мышцы бедра, то есть является факультативным экстензором тазобедренного сустава.

Полусухожильная мышца (*m. semitendinosus*) у соболя относится к динамического типа мышцам и имеет свои особенности (рис. 2 А—Д—2). Так, в проксимальной части она формирует две равноценные головки — седалищную и позвоночную, которые на большем протяжении мышцы разобщены между собой, и на проксимальном конце окончательно расходятся. Её *седалищная* (внутренняя) *головка* прикрыта позвоночной головкой на 2/3 проксимальной части мышцы (Г, Д—22). Проксимальным концом она закрепляется на латеральном выросте седалищного бугра, медиальнее двуглавой мышцы бедра. *Позвоночная головка* полусухожильной мышцы, покрывая снаружи седалищную головку, облегая седалищный бугор и крестцово-седалищную связку, в проксимальном направлении продвигается дальше, до корня хвоста, где закрепляется на поперечно-рёберных отростках 2—3 хвостовых позвонков (В, Г, Д—21). Препарируя её дистальный конец, мы выяснили, что здесь, в дистальной трети, обе головки полностью срастаются, мышца уплощается и продолжается в основное лентовидной формы дистальное сухожилие, которое под глубокой фасцией голени, по медиальной поверхности большеберцовой кости направляется к краниальному гребню большеберцовой кости (Г—2^1). Кроме этого, мы установили, что от её каудального дистального края отходит *сухожильная пластина* (Г—2^2), которая направляется каудально, и срастается с аналогичной сухожильной пластиной стройной мышцы, продолжаясь в глубокую фасцию голени, которое проходит вдоль медиальной поверхности голени и в частности — ахиллового сухожилия.

Основная функция — экстензор тазобедренного и заплюсневого суставов, а также флексор коленного сустава. Мы считаем, что наличие хорошо развитой позвоночной головки, не связанной с седалищным бугром (так как она только облегает его), во время бега или при прыжковых движениях выполняет очень важную функцию, обеспечивая пружинистость тазовой конечности, за счёт усиления ею флексии коленного сустава (усиливает силу отталкивания от почвы и дополнительно подтягивает тазовую конечность).

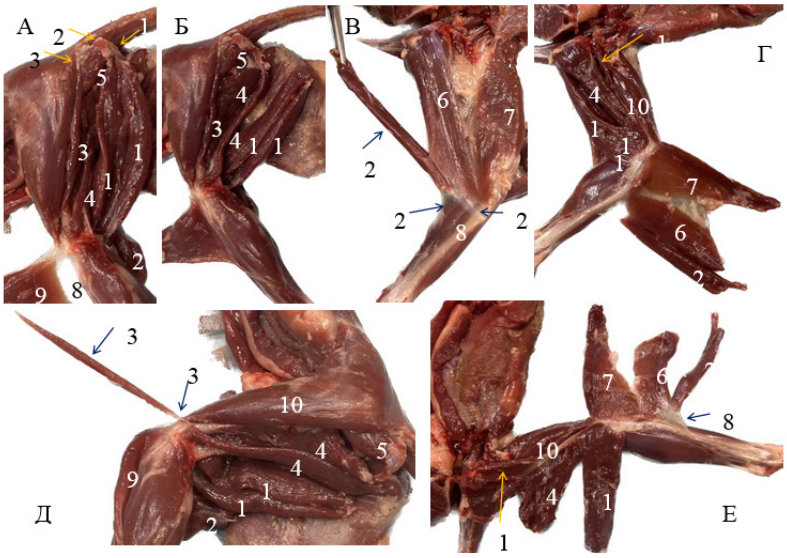


Рисунок 3 *— Оригинальный макропрепарат левой тазовой конечности соболя: А — после отведения полусухожильной и двуглавой м. бедра; Б— отсечён проксимальный конец полуперепончатой мышцы; В — медиальная поверхность бедра; Г — отсечены и отведены полусухожильная, стройная и портняжная мышцы; Д — отсечена и отведена хвостобедренная м.; Е — дистальные концы мышц бедра на медиальной поверхности: 1. Полуперепончатая м., 11 — её берцовая и 12 — бедренная части; 2. Полусухожильная м., 21— её основное сухожилие, 22 — её сухожильная пластина; 3. Хвостобедренная м., 31 — её проксимальное сухожилие и место закрепления, 32 — дистальное место закрепления; 4. Приводящая м., 41 — большая приводящая м., 42 — длинная приводящая м.; 5. Квадратная м. бедра; 6. Стройная м.; 7. Портняжная м.; 8. Глубокая фасция голени (медиальная поверхность); 9. Двуглавая м. бедра; 10. Четырёхглавая м. бедра, 101 — её латеральная головка, 102 — медиальная головка; 11. Гребешковая м.*

Figure 3 *— Original macropreparation of the left pelvic limb of a sable: A — after abduction of the semitendinosus and biceps femoris muscles; B — the proximal end of the semimembranosus muscle is cut off; C — the medial surface of the thigh; G — the semitendinosus, slender and sartorius muscles are cut off and abducted; D — the caudofemoris muscle is cut off and abducted; E — the distal ends of the thigh muscles on the medial surface: 1. Semimembranosus m., 11 — its tibiofemoral and 12 — femoral parts; 2. Semitendinosus m., 21 — its main tendon, 22 — its tendon plate; 3. Caudofemoral m., 31 — its proximal tendon and attachment site, 32 — distal attachment site; 4. Adductor m., 41 — large adductor m., 42 — long adductor m.; 5. Square m. of femur; 6. Slender m.; 7. Sartorius m.; 8. Deep fascia of the leg (medial surface); 9. Biceps m. of femur; 10. Quadriceps m. of femur, 101 — its lateral head, 102 — medial head; 11. Pectineal m.*

В отличие от других животных ***полуперепончатая мышца*** (*m. semimembranosus*) [3—9] у соболя хорошо развита и дифференцирована на две равноценные части — бедренную и большеберцовую на протяжении всей длины мышцы (рис. 3 А, Б, Г, Д—1). Медиальной поверхностью обе головки сращены, однако по латеральной поверхности легко разделяются друг от друга (рис. 3 А, Б, Д—1^1, 1^2). Краниальная часть мышцы — бедренная (1^2), а каудальная — берцовая (1^1). На дистальном конце обе части мышцы окончательно расходятся, формируя собственные дистальные сухожильные концы (Г, Е). Сухожилие *берцовой части* проходит под коллатеральной медиальной связкой коленного сустава и закрепляется на боковой поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости, а более широкое *бедренное сухожилие* закрепляется на боковой поверхности медиального надмыщелка бедренной кости. Своим уплощённым проксимальным концом берцовая часть закрепляется на «медиальном гребне седалищного бугра», а бедренная часть — ниже, к узкой площадке на наружной поверхности пластинки седалищной кости, вдоль данного гребня.

Наличие двух частей мышцы указывает на то, что каждая часть может сокращаться как отдельно, так и совместно. Бедренная часть участвует в экстензии тазобедренного сустава, а берцовая — в флексии и аддукции коленного сустава.

Квадратная мышца (*m. quadratus femoris*) у соболя представляет собой хорошо развитую, мясистую, квадратной формы, динамического типа мышцу (рис. 3 А, Б, Д—5). Мышца расположена под двуглавой мышцей бедра, между приводящей мышцей и телом седалищной кости. Каудальным концом она мясисто начинается от площадки, которая находится перед латеральным выростом седалищного бугра, на каудо-латеральном углу пластинки седалищной кости. Своим мясистым брюшком, квадратная мышца, направляется в краниo-вентральном направлении, к площадке, расположенной на латеральной поверхности малого вертела бедренной кости. Экстензор и супинатор тазобедренного сустава.

Приводящая мышца (*m. adductor*) у соболя имеет две части — большую и длинную, причём длинная часть полностью отделилась. *Большая приводящая мышца* (*m. adductor brevis, s. minimus*; рис. 3 Б, Г, Д—41) мощная, мясистая, динамического типа. Её расположение, направление мышечных волокон, функция соответствует таковой у других животных. *Длинная приводящая мышца* (*m. adductor longus*, рис. 3 А, Б, Г, Д, Е—42) имеет веретеновидную форму. Проксимальным сухожильным концом начинается от седалищной дуги, направляется в вентро-кранио-латеральном направлении и закрепляется дистальным сухожилием к овальной формы шероховатости расположенной на боковой поверхности латерального надмыщелка бедренной кости.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Таким образом, нами были уточнены анатомические особенности заднебедренной и ягодичной групп разгибателей тазобедренного сустава у соболя. Установлено послойное взаиморасположение данных мышц, и точки их закрепления на костях тазовой конечности.

Учитывая расположение мышц между суставами, установив точки их закрепления, тканевой состав и направление волокон, используя имеющиеся у нас литературные источники, мы пришли к следующему заключению:

1. Установлено послойное расположение структур тазовой конечности соболя.

2. Определены места закрепления изучаемых мышц, выполняемые мышцами функции и их принадлежность к определённому типу мышц.

3. Выявлено отсутствие у соболя каудального абдуктора голени, а хвостобедренная мышца подвержена значительной регрессии и становится синергистом двуглавой мышцы бедра.

4. Установлено, что у соболя имеется дополнительное латеральное пяточное сухожилие, которое формируются двуглавой мышцей бедра (латеральное), а и медиальное пяточное сухожилие отсутствует.

5. Выяснено, что полуперепончатая мышца имеет две хорошо выраженные части — большеберцовую и бедренную. Полусухожильная мышца имеет две головки — седалищную и позвоночную, которые также частично разделены на большем протяжении мышцы.

6. Установлено, что приводящая мышца состоит из двух частей — большой приводящей и длинной приводящей мышц.

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC FEATURES OF THE POSTERIOR FEMORAL EXTENSOR MUSCLE GROUP AND HIP ADDUCTOR IN SABLE

Oganov E. O. — associate Professor of the Department of «Anatomy and histology of animals after Professor A. F. Klimov», e-mail: oganoff.eldiar@yandex.ru, (ORCID 0000-0003-1206-4397); **Slesarenko N. A. —** doctor of Biological Sciences, Professor, head of the Department of Animal Anatomy and Histology named after A. I. Professor A. F. Klimova, e-mail: slesarenko2009@yandex.ru (ORCID 0000-0002-8350-5965); **Shirokova E. O. —** associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals. Professor A.F. Klimov, e-mail: shirokovaelena2022@yandex.ru (ORCID 0000-0003-4891-5405).

K. I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology.

ABSTRACT. *The article presents the anatomical features of the posterior femoral and gluteal hip extensor groups in the sable. Layer-by-layer mutual arrangement of these muscles and points of their fixation on bones of pelvic extremity are established. A layer-by-layer arrangement of the structures of the pelvic limb of the sable was established. The places of fixation of the studied muscles, the functions performed by the muscles and their belonging to a certain type of muscles are determined. It is shown that the sable has no caudal abductor of the lower leg, and the caudal muscle is subject to significant regression and becomes a synergist of the biceps femoris. The material for the studies was sectional material — pelvic limbs (n = 16), selected from the sable, without external signs of pathologies of the musculoskeletal system. The identified anatomical features of these muscles may reflect their functional relationship, are reference in assessing the structural and functional state of the muscles of the posterior femoral extensor group in the sable.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балакирев, Н. А. Соболеводство — лидер клеточного пушного звероводства России / Н. А. Балакирев, О. В. Трапезов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2018. — № 9. — С. 66—71.

2. Балакирев, Н. А. Природные адсорбенты в рационах пушных зверей / Н. А. Балакирев, В. С. Снытко // Зоотехния. — 1995. — № 2. — С. 22—23.

3. Балакирев, Н. А. Перспективы развития отрасли клеточного пушного звероводства России / Н. А. Балакирев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2018. — № 5. — С. 54—57.

4. Балакирев, Н. А. О результатах спаривания соболя (*Martes zibellina Linnaeus*, 1758) клеточного разведения и промыслового для получения генотипов с разной окраской волосяного покрова / Н. А. Балакирев, Е. А. Орлова, Н. Н. Шумилина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2023. — Т. 58, № 4. — С. 726—744.

5. Былинская, Д. С. Мышцы тазовой конечности рыси евразийской / Д. С. Былинская // Иппология и ветеринария. — 2013. — № 1(7). — С. 35—40.

6. Зеленевский, Н. В. Анатомия рыси евразийской / Н. В. Зеленевский, М. В. Щипакин, К. Н. Зеленевский (и др.); НЧОУ ВПО «Национальный открытый институт г. Санкт—Петербург». — Санкт—Петербург: Информационно—консалтинговый центр, 2015. — 166 с.

7. Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные особенности строения мышц коленного сустава в зависимости от механизма статолокомоторного акта / Н. А. Слесаренко, Е. О. Широкова, В. А. Иванцов // Иппология и ветеринария. — 2022. — № 1 (43). — С. 160—167.

8. Слесаренко, Н. А., Сербский А. Е. Морфология матрикса собственных и поверхностных фасций конечности у некоторых плотоядных// Вестник Белоцерковского государственного аграрного университета. — 1998. — Вып. 6. — 4.2. — С.75—82.

9. Слесаренко, Н. А. Морфофункциональные особенности связочного аппарата коленного сустава у лисицы в условиях клеточного режима содержания / Н. А. Слесаренко, Е. О. Широкова, В. А. Иванцов // Морфология. — 2020. — Т. 157. — № 2—3. — С. 196.

10. Широкова, Е.О. Макроморфология четырехглавой мышцы бедра у амурского тигра/ Широкова Е. О., Слесаренко Н. А., Оганов Э. О.// В сборнике: Морфология в XXI: теория, методология, практика. Москва, 2023. С. 51—53.

REFERENCES

1. Balakirev, N. A. Sobolevodstvo — leader of cellular fur farming in Russia / N. A. Balakirev, O. V. Trapezov// Veterinary, livestock and biotechnology. — 2018. — № 9. — P. 66—71.

2. Balakirev, N. A. Natural adsorbents in the diets of fur animals / N. A. Balakirev, V. S. Snytko // Zootechnia. — 1995. — № 2. — P. 22—23.

3. Balakirev, N. A. Prospects for the development of the branch of cellular fur farming in Russia/N. A. Balakirev// Veterinary, animal science and biotechnology. — 2018. — № 5. — P. 54—57.

4. Balakirev, N. A. On the results of sable mating (*Martes zibellina Linnaeus*, 1758) of cell breeding and commercial for obtaining genotypes with different hair colors/N. A. Balakirev, E. A. Orlova, N. N. Shumilina [et al.] //Agricultural biology. — 2023. — Vol. 58, №4. — P. 726—744.

5. Bylinskaya, D. S. Muscles of the pelvic limb of the Eurasian lynx / D. S. Bylinskaya // Hippology and veterinary medicine. — 2013. — № 1(7). — P. 35—40.

6. Zelenevsky, N. V. Anatomy of a Eurasian lynx/N.V. Zelenevsky, M. V. Shchipakin, K. N. Zelenevsky (and others); NCHOU HPE «National Open Institute of St. Petersburg.» — St. Petersburg: Information and Consulting Center, 2015. — 166 p.

7. Slesarenko, N. A. Morphofunctional features of the structure of the muscles of the knee joint depending on the mechanism of the statolocomotor act / N. A. Slesarenko, E. O. Shirokova, V. A. Ivantsov//Hippology and Veterinary Medicine. — 2022. — № 1 (43). — P. 160—167.

8. Slesarenko, H. A., Serbian A. E. Morphology of the matrix of proper and superficial fascia of the limb in some carnivores // Bulletin of the Belotserkovsky State Agrarian University. — 1998. — Issue 6, — 4.2. — P. 75—82.

9. Slesarenko, N. A. Morphofunctional features of the ligamentous apparatus of the knee joint in a fox in the conditions of the cellular regime / N. A. Slesarenko, E. O. Shirokova, V. A. Ivantsov//Morphology. — 2020. — V. 157. — № 2—3. — P. 196.

10. Shirokova, E. O. Macromorphology of the quadriceps thigh muscle in the Amur tiger / Shirokov E. O., Slesarenko N. A., Oganov E. O. // In the collection: Morphology in XXI: theory, methodology, practice. Moscow, 2023. P. 51—53.

УДК: 619:611.13:611.3:636.5
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.267

ОСОБЕННОСТИ ВЕТВЛЕНИЯ ВЕНОЗНЫХ СОСУДОВ ПИЩЕВОДА, ЗОБА И ЖЕЛЕЗИСТОГО ЖЕЛУДКА У КУРИЦЫ

Диких А. А.* — канд. ветеринар. наук, стар. препод. каф. нормальной физиологии (ORCID 0000-0002-4556-6142); **Фоменко Л. В.** — д-р ветеринар. наук, проф. каф. анатомии, гистологии, физиологии и патологической анатомии (ORCID 0009-0007-7047-7540).

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет».

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет».

* aamatweewa150488@mail.ru.

Ключевые слова: *микроциркуляторное русло, железистый желудок, венозные сосуды, рефлексогенная зона, транскапиллярный кровоток.*

Key words: *microcirculatory bed, glandular stomach, venous vessels, reflexogenic zone, transcapillary blood flow.*

Поступила в редакцию / Received: 04.12.2025
Одобрена после рецензирования / Revised:11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Целью работы является уточнение источников венозного оттока от пищевода, зоба и железистого желудка у курицы Хайсекс белый, а также установление закономерностей ветвления венозных сосудов в них. Материалом для исследования служили 5 тушек курицы Хайсекс белый в возрасте 160 суток (самки). Для изучения венозной системы птиц применяли препарирование, изготовление просветленных препаратов. Для изготовления ангиостеотопических препаратов с использованием пластмассы акрилового ряда «Редонт» с добавлением масляных красок использовали 3-х птиц для морфометрии вен. Нами установлено, что все вены пищевода, зоба и железистого желудка у курицы образуют единую гемодинамическую систему, которая подразделяется на магистральные (яремная правая и левая), экстраорганные (восходящая и нисходящие пищеводные, дорсальная и вентральная провентрикулярные) и интраорганные вены. Венозный отток от стенок пищевода осуществляется по 5—7 ветвям, поступающим в восходящую и нисходящую пищеводные вены, а затем в соответствующие яремные вены. Венозный дренаж от зоба осуществляется по правой, левой и вентральной зобным венам. Вены железистого желудка у курицы представлены поверхностными и глубокими венозными сосудами. По поверхностным венам – провентрикулярной дорсальной и вентральной, лежащим на его соответствующих поверхностях, происходит отток крови от железистого желудка, а по глубоким, где образуется мощное подслизистое сплетение в форме сетевидных, поперечных и дугообразных анастомозов, происходит дренажирование водорастворимых веществ в венозную кровь. Железистый желудок имеет овально-вытянутую форму, поэтому в разветвлении венозных сосудов наблюдается характерное строение в виде округлых ячеек, которые имеют одинаковую толщину на всем протяжении органа в соответствии с течением трансорганного кровотока.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Актуальность исследования. Изучение закономерностей ветвления сосудов пищевода, зоба и железистого желудка у птиц представляет собой важный аспект в понимании общих принципов венозного оттока от этих органов. Отделы пищеварительного тракта подвержены значительным объемным изменениям в процессе наполнения и эвакуации кормовых масс, что обуславливает специфику их кровоснабжения.

Эволюционная адаптация птиц к различным типам питания, сопряженная с высоким уровнем метаболизма, потребовала развития эффективной системы кровообращения, ключевым элементом которой является венозный дренаж.

При анализе данных отечественной и зарубежной литературы отмечаем, что практически отсутствует расширенная информативность и констатация их микроциркуляторного русла в органах переднего отдела пищеварительной системы у птиц [1—7]. Отсутствие сведений по венозному оттоку от пищевода, зоба и железистого желудка у птиц послужило проведению данного исследования.

Цель работы: уточнить источники венозного оттока от пищевода, зоба и железистого желудка у курицы Хайсекс белый, установить закономерности ветвления венозных сосудов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Материалом для исследования служили 5 тушек курицы Хайсекс белый в возрасте 160 суток (самки). В венозное русло с помощью шприца через бедренную вену вводили латекс марки СК-65, окрашенный черной тушью. Препарирование производили с помощью микроскопа МБС-2 с использованием инструментов, применяемых в глазной практике. Методом просветленных препаратов определяли тип ветвле-

ния и наличие анастомозов в пищеводе, зобе и железистом желудке. Для изготовления ангиостеотопических препаратов использовали самотвердеющую пластмассу акрилового ряда «Редонт» с добавлением масляных красок, которую вводили через бедренную вену у 3 тушек птиц. После инъекции тушки помещали для растворения мягких тканей в 30 % раствор едкого натрия на трое суток. Морфометрию венозных сосудов производили с помощью окуляр-микрометра.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В результате проведенных исследований нами установлено, что все вены пищевода, зоба и железистого желудка у курицы, образуют единую гемодинамическую систему, которая подразделяется на экстра- и интраорганные сосуды по отношению к структурным отделам органов, что согласуется с мнением [8—10]. Они образуют обширный поверхностный и глубокий слои в виде подслизистого, межмышечного и подсерозного сплетений.

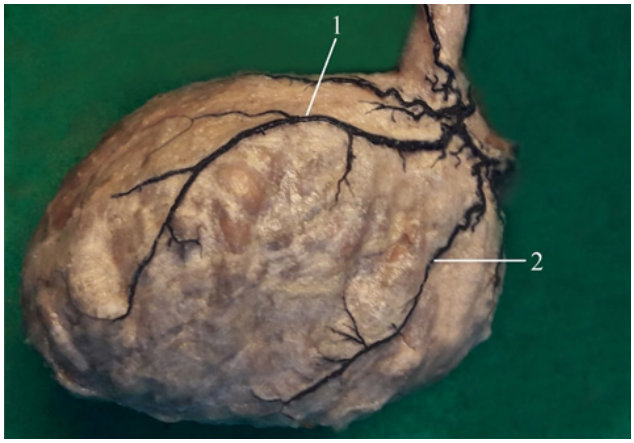


Рисунок 1 *— Венозные сосуды зоба у курицы Хайсекс белый, в возрасте 160 суток, правая сторона (фото с макропрепарата): 1 — правая зобная вена; 2 — вентральная зобная вена.*

Figure 1 *— Venous vessels of the crop in a white Hisex chicken, 160 days old, right side (photo from a macropreparation): 1 — right crop vein; 2 — ventral crop vein.*

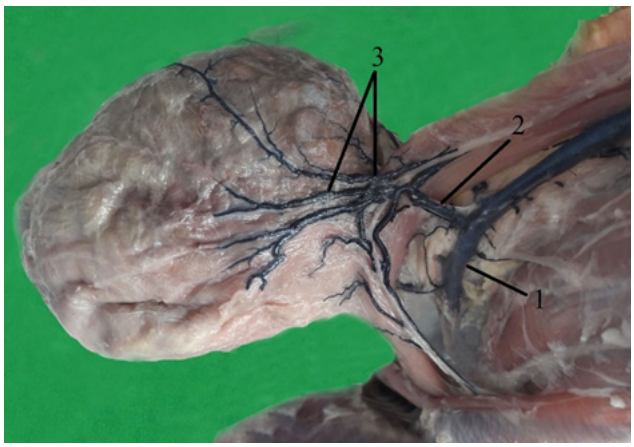


Рисунок 2 *— Венозные сосуды зоба у курицы Хайсекс белый, в возрасте 160 суток, левая сторона (фото с макропрепарата): 1 — левая яремная вена; 2 — левая зобная вена, 3 — ветви левой зобной вены.*

Figure 2 *— Venous vessels of the crop in a white Hisex chicken, 160 days old, left side (photo from a macropreparation): 1 — left jugular vein; 2 — left crop vein, 3 — branches of the left crop vein.*

Яремные вены располагаются на боковых поверхностях шеи под кожей в наиболее защищенном месте от механического воздействия.

Поверхностный слой локализуется в серозной оболочке, в то время, как глубокий — располагается в межмышечном и подслизистом слоях органа. Капилляры поверхностного слоя имеют больший диаметр по сравнению с глубоким, образуя крупные, вытянутые петли, которые между собой они образуют хорошо развитое венозное сплетение, в то время, как межмышечное и подслизистое сплетения на протяжении всего пищевода характеризуются мелкопетлистой и равномерной структурой. В верхней и средней трети мышечной оболочки пищевода отмечаются V-образный, кистевидный и Т-образный тип ветвления, в то время как в мышечном слое грудного отдела наблюдается более сложное и густое ветвление сосудов.

Венозный отток от стенок пищевода осуществляется по 5—7 пищеводным венам. С медиальной поверхности краниальной и средней трети органа вены дренируют кровь в правую и левую яремные вены. Венозная кровь от нижней трети грудной части пищевода оттекает по пищеводной и зобным венам, впадающим в яремные вены.

Зоб курицы представляет собой мешкообразный дивертикул в нижней трети шейного отдела пищевода, который располагается слева от трахеи. Интрамуральные вены зоба, располагающиеся в адвентиции и межмышечных слоях, формируют обильные анастомозы, образуя мелкопетлистую сеть полигональной конфигурации. Данные сосуды характеризуются магистральным типом ветвления, многослойным расположением и извилистым ходом. Сеть дренируется в коллекторные вены, которые, объединяясь, формируют общий ствол, впадающий в яремную вену с ее дорсальной поверхности.

Венозный дренаж зоба осуществляется по трем основным магистралям: правой, левой и вентральной зобным венам. Правая зобная вена принимает 7—8 мелких вен, лежащих на расстоянии 0,3—0,4 мм друг от друга, которые собирают кровь с нижней трети пищевода и с правой стороны зоба, вливаясь под тупым углом в правую яремную вену (рис. 1). В вентральную зобную вену собирается кровь по сосудам, ветвящихся по магистральному типу от его вентральной поверхности, до впадения в правую яремную вену, в нее впадает правая зобная вена. Отток крови по левой стороне зоба выполняется по 9—10 венозным сосудам в левую зобную вену, входящую в яремную вену своей стороны (рис. 1, 2). Вены железистого желудка у курицы представлены поверхностными и глубокими венозными сосудами. По поверхностным венам, лежащим на его дорсальной и вентральной поверхностях — провентрикулярной дорсальной

и вентральной, происходит отток крови от железистого желудка, а по глубоким, где образуется мощное подслизистое сплетение в форме сетевидных, прямолинейных, поперечных и дугообразных анастомозов, происходит дренажирование водорастворимых веществ в венозную кровь (рис. 3).

Железистый желудок имеет овально-вытянутую форму, поэтому в разветвлении венозных сосудов наблюдается характерный план строения, который отличается особой композицией внутри органа в соответствии с течением трансорганного кровотока.

Две поверхностно лежащие провентрикулярная дорсальная и вентральная вены, лежащие внутри серозной оболочки железистого желудка и проходящие продольно по его дорсальной и вентральной поверхности, соединяются между собой редкими анастомозами. Отток крови по ним осуществляется в воротные вены.

От слизистой оболочки железистого желудка собирается венозная кровь по мелким капиллярам, которые затем проникают в мышечную оболочку, образуя межмышечное сплетение с ориентацией сосудов вдоль пучков мышечных волокон, которые плотно окружают пакеты трубчатых желез в виде ячеек многогранной формы, где происходит интенсивное образование секрета пищеварительных желез, как отмечено в работе [6]. Возможно, что за счет наличия и сокращения пучков гладких мышечных волокон, стимулируется функция альвеолярно-трубчатых желез.

Нами отмечено, что венозные сосуды глубокого слоя в железистом желудке имеют одинаковый диаметр на протяжении всей его длины, они образуют ячейки округлой формы, потому происходит равномерное перемещение венозной крови в одном направлении на всем их протяжении, создавая стабильное интравазальное движение. Присутствие большого количества капилляров образует их значительный суммарный просвет, по дискретности формирующий обширный путь коллатерального венозного оттока (рис. 4). При этом, венозные сосуды участвуют в устойчивой биорегуляции кровенаполнения капилляров для выполнения физиологических функций по расщеплению кормовых масс до простых водорастворимых соединений под действием соляной кислоты и пепсиногена, что отмечено в работе [4]. В железистом желудке отмечается наличие небольшой толщины стенки венозных сосудов, в отличие от артерий, поэтому даже при незначительном усилении движения крови происходит сильное растяжение их стенок, что способствует преобладанию в них низкого внутривенного давления и, следовательно, при пассивной изменчивости просвета вен, значительно усиливается не только секреторная функция в подслизистом слое, но дренажирование жидкой части и питательных веществ.

Наличие большого просвета вен и неравномерность расширения венозной стенки, способствует формированию депонирующей функции, а также образования значительной рефлексогенной зоны за счет баро-, хемо-и проприорецепторов. Венозные сосуды участвуют в транс капиллярном кровотоке вследствие разницы пре-и посткапиллярного сопротивления, выполняя резистивную функцию, что согласуется с [6].

Под эпителием капиллярная сеть размещается в основании складок, образуя одноконтурные ячейки многоугольной формы. Васкуляризация ворсинок осуществляется артериальными капиллярами по рассыпному типу в их основании, а в оттоке крови из них принимают участие капилляры в подслизистое венозное сплетение.

Рисунок 3 *— Венозные сосуды железистого желудка у курицы Хайсекс белый, в возрасте 160 суток (фото с макропрепарата): 1 — дорсальная провентрикулярная вена; 2 — вентральная провентрикулярная вена; 3 — анастомозы.*

Figure 3 *— Venous vessels of the glandular stomach of a white Hisex chicken, 160 days old (photo from a macropreparation): 1 — dorsal proventricular vein; 2 — ventral proventricular vein; 3 — anastomoses.*

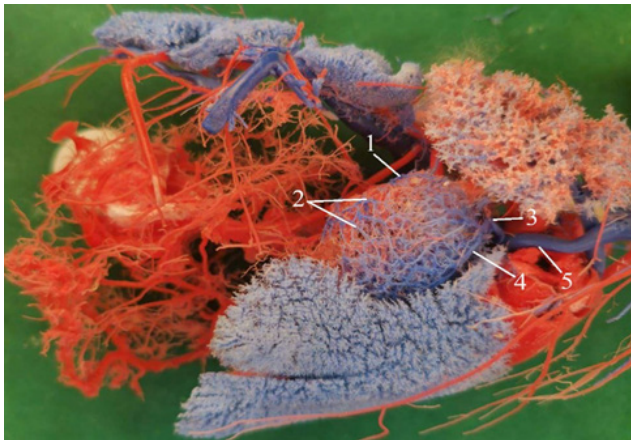


Рисунок 4 *— Интраорганные вены железистого желудка у курицы Хайсекс белый в возрасте 160 суток (фото с коррозионного препарата): 1 — железистый желудок; 2 — глубокий слой вен железистого желудка; 3 — дорсальная провентрикулярная в.; 4 — вентральная провентрикулярная в.; 5 — каудальная полая в.*

Figure 4 *— Intraorgan veins of the glandular stomach in a Hisex white chicken aged 160 days (photo from a corrosion preparation): 1 — glandular stomach; 2 — deep layer of veins of the glandular stomach; 3 — dorsal proventricular v.; 4 — ventral proventricular v.; 5 — caudal hollow v.*

В мышечной оболочке железистого желудка между пучками циркулярных и продольных слоев гладких мышечных волокон, располагается межмышечное сплетение. Мелкие капилляры сконцентрированы вдоль пучков мышечных и коллагеновых волокон, формируя трехмерную ступенчатую сеть в форме прямоугольных ячеек. Снаружи железистый желудок покрыт серозной оболочкой.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В результате проведенных исследований отмечаем, что все вены пищевода, зоба и железистого желудка у курицы подразделяются на магистральные (яремная правая и левая), экстраорганные (восходящая и нисходящие пищеводные, дорсальная и вентральная провентрикулярные) и интраорганные вены.

В ветвлении венозных сосудов пищевода отмечается сегментарный тип. Наличие извитых сосудов можно рассматривать как характерное приспособление в связи с прохождением пищи в пищеводе или в зобе при его наполнении.

Интраорганные венозные сосуды глубокого слоя железистого желудка равномерной ширины на всем протяжении, они анастомозируя между собой, образуют ячейки округлой формы.

FEATURES OF BRANCHING OF VENOUS VESSELS OF THE ESOPHAGUS, GOITER AND GLANDULAR STOMACH IN CHICKEN

Dikikh A. A.*— Candidate of Veterinary Sciences, Senior Lecturer, Department of Normal Physiology (ORCID 0000-0002-4556-6142); **Fomenko L. V.** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Anatomy, Histology, Physiology, and Pathological Anatomy (ORCID 0009-0007-7047-7540).

Omsk State Medical University.

Omsk State Agrarian University.

*aamatweewa150488@mail.ru.

ABSTRACT. *The aim of this study was to clarify the sources of venous outflow from the esophagus, crop, and gizzard in the Hisex White chicken, as well as to establish patterns of venous branching within them. Five 160-day-old Hisex White female chicken carcasses served as the study material. Dissection and the preparation of cleared specimens were used to study the birds' venous system. Three birds were used to prepare angio-osteotopic specimens using Redont acrylic resin with the addition of oil paints for venous morphometry. We established that all the veins of the esophagus, crop, and gizzard in chickens form a single hemodynamic system, which is subdivided into main veins (right and left jugular veins), extraorgan veins (ascending and descending esophageal veins, dorsal and ventral proventricular veins), and intraorgan veins. Venous drainage from the esophageal walls occurs through 5—7 branches, which enter the ascending and descending esophageal veins and then the corresponding jugular veins. Venous drainage from the crop occurs through the right, left, and ventral crop veins. The veins of the chicken's glandular stomach are represented by superficial and deep venous vessels. The superficial veins—the proventricular, dorsal, and ventral veins, located on its respective surfaces-drain blood from the glandular stomach, while the deep veins, where a powerful submucosal plexus forms in the form of reticular, transverse, and arcuate anastomoses, drain water-soluble substances into the venous blood. The glandular stomach has an oval-elongated shape, therefore, in the branching of the venous vessels, a characteristic structure is observed in the form of rounded cells, which have the same thickness throughout the entire length of the organ in accordance with the flow of transorgan blood flow.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Nickel, R. Anatomy of the domestic birds / R. Nickel, A. Schummer, E. Seiferle. — Berlin: Verlag Paul Parey, 1977. — 202 p.

2. Baumel, J. J. Osteologia / J. J. Baumel, L. M. Witmer // Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avian / ed J. J. Baumel [et al.]. — 2nd ed. — Cambridge, Massachusetts, 1993. — P. 45—132. — (Publication of the Nuttall Orthithological Club ; № 23). URL: https://archive.org/details/handbookofaviana00worl/mode/1up.

3. Maher, M. Descriptive Anatomy of Hepatic and Portal Veins with Special Reference to Biliary Duct System in Broiler Chickens (Gallus gallus domesticus): A Recent Illustration / M. Maher // Brazilian Journal of Poultry Science. — 2019. — Vol. 21, № 2. — P. 001—012. DOI: 10.1590/1806-9061-2019-0980.

4. Sayrafi, R. Histological and histochemical study of the proventriculus (*Ventriculus glandularis*) of common starling (*Sturnus vulgaris*) / R. Sayrafi, M. Aghagolzadeh // Anat Histol Embryol. — 2020. — Vol. 49(1). — P. 105—111. DOI: 10.1111/ahe.12495.

REFERENCES

1. Nickel, R. Anatomy of the domestic birds / R. Nickel, A. Schummer, E. Seiferle. — Berlin: Verlag Paul Parey, 1977:202.

2. Baumel, J. J. Osteologia / J. J. Baumel, L. M. Witmer // Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avian / ed J. J. Baumel [et al.]. — 2nd ed. — Cambridge, Massachusetts, 1993:45—132. — (Publication of the Nuttall Orthithological Club ; № 23). URL: https://archive.org/details/handbookofaviana00worl/mode/1up.

3. Maher, M. Descriptive Anatomy of Hepatic and Portal Veins with Special Reference to Biliary Duct System in Broiler Chickens (Gallus gallus domesticus): A Recent Illustration / M. Maher // Brazilian Journal of Poultry Science. — 2019. — Vol. 21, № 2. — P. 001—012. DOI: 10.1590/1806-9061-2019-0980.

4. Sayrafi R, Aghagolzadeh M. Histological and histochemical study of the proventriculus (*Ventriculus glandularis*) of common starling (*Sturnus vulgaris*). Anat Histol Embryol. 2020;49(1):105—111. DOI: 10.1111/ahe.12495.

5. Tolba, A. R. Gross Anatomical study on the hepatic portal vein tributaries in the common domestic pigeon “Columba Livia Domestica» / A. R. Tolba // International Journal of Veterinay Science. — 2015. — Vol. 4, № 2. — P. 63—68.

6. Saran D., Meshram B., Joshi H., Singh G., S. Kumar. Gross Morphological Studies on the Digestive System of Guinea Fowl (Numida meleagris) International Journal of Livestock Researche. 2019. Vol 9 (02). pp 266—276. DOI: 10.5455/ijlr.20180907051353.

7. Арнович, О. А. Видовые особенности источников артериальной васкуляризации пищевода у гуся итальянского / О. А. Арнович, Л. В. Фоменко // Вестник НГАУ. — 2018. — № 1(46). — С. 95—100.

8. Фоменко, Л. В. Особенности ветвления венозных сосудов пищевода, зоба и железистого желудка у курицы, утки и гуся / Л. В. Фоменко, О. А. Арнович // Вестник Омского гос. агр. ун-та. — 2016. — № 2(22). — С. 187—190.

9. Хонин, Г. А. Строение венозной системы переднего отдела туловища у куро- и гусеобразных / Г. А. Хонин, Л. В. Фоменко // Аграрный вестник Урала. — 2009. — № 11(65). — С. 103—106.

10. Беличенко, В. М. Механизмы изменения распределения кровотока между органами у кур в онтогенезе / В. М. Беличенко, И. М. Коростышевская, К. А. Шошенко // Российский физиологический журнал. — 2003. — Т. 89, № 12. — С. 1551—1559.

5. Tolba, A. R. Gross Anatomical study on the hepatic portal vein tributaries in the common domestic pigeon «Columba Livia Domestica» / A. R Tolba // International Journal of Veterinay Science. 2015;4(2):63—68.

6. Saran D., Meshram B., Joshi H., Singh G., S. Kumar. Gross Morphological Studies on the Digestive System of Guinea Fowl (Numida meleagris) International Journal of Livestock Researche. 2019;(02).266—276. DOI: 10.5455/ijlr.20180907051353.

7. Arnovich, O. A. Specific peculiarities of arterial vascularization sources of Italian goose’s esophagus / O. A. Arnovich, L. V. Fomenko // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2018;1:95—100. (In Russ.).

8. Fomenko, L. V. Specifics of branching of venous vessels of esophagus, goitre and forestomach in hens, ducks and geese / L. V. Fomenko, O. A. Arnovich // Vestnik of Omsk SAU. 2016;2187—190.

9. Honin, G. Structure of venous system of the forward department of the trunk at fowl—like birds and anseriformes / G. Honin, L. Fomenko // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009;11:103—106.

10. Belichenko, V. M. Mechanisms of changes in blood flow distribution between organs in hens during ontogenesis / V. M. Belichenko, I. M. Korostyshevskaia, K. A. Shoshenko // Russian Journal of Physiology. 2003;89(12):1551—1559 (In Russ.).

УДК: 591.3:598.261.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.272

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАННЕГО ЭМБРИОГЕНЕЗА У ПЕРЕПЕЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Вознесенская П. С.* — асп. каф. биологии, экологии и гистологии (ORCID 0009-0007-8531-6328); **Мкртчян М. Э.** — д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. кафедры биологии, экологии и гистологии (ORCID 0000-0002-0615-5703).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*p.s.voznesenska@gmail.com.

Ключевые слова: *японский перепел, эстонский перепел, радонежский перепел, эмбриогенез, морфометрия.*

Key words: *Japanese quail, Estonian quail, Radonezh quail, embryogenesis, morphometry.*

Поступила в редакцию / Received: 23.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Перепеловодство является одним из перспективных направлений промышленного птицеводства. Данное исследование посвящено сравнительному анализу ранних этапов эмбриогенеза перепелов трех пород различных направлений продуктивности (японской — яичного, эстонской — мясо-яичного, радонежской — мясного). В работе использовались эмбрионы разных сроков инкубации: 12, 24, 36, 48, 60 и 72 часа. Вскрытие яиц проводилось после предварительной морфометрии. Для лучшей степени визуализации ранних стадий эмбриогенеза применялась адаптированная методика «Early Chick, EC». В процессе исследований были установлены расхождения в темпах эмбриогенеза: эмбрионы японского перепела проявляют наиболее ускоренный темп развития, опережая по шкале Хамбургера–Гамильтона эстонскую и радонежскую породы на 1—2 и 2—3 стадию, соответственно. Основные различия можно наблюдать уже в первые 12 часов: эмбрионы японского перепела проявляют более активный темп развития. Однако, к 72-м часам инкубации у всех трех пород наблюдается плавное сближение темпов развития. При этом 100 % и 60 % эмбрионов японской и эстонской пород соответственно находятся на 18-й стадии. Радонежские перепела в 40 % случаев соответствуют стадии 18-й, а 60 % — на 17-й стадии развития. Выявленные закономерности и породоспецифические различия, могут способствовать разработке дифференцированных режимов инкубации и установки критических маркерных точек в процессе ранних периодов эмбрионального развития.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Перепеловодство является перспективным направлением промышленного птицеводства РФ, обеспечивая производство диетического мяса и яйца. В связи с этим, изучение эмбриогенеза перепелов разных направлений продуктивности играет ключевую роль в модернизации данной отрасли, так как понимание специфики их раннего развития позволяет оптимизировать режимы инкубации, повысить жизнеспособность и общий уровень продуктивности птиц.

В процессе длительной селекции перепелов, были сформированы породы с различными продуктивными качествами: яичная, мясная и мясо-яичная. Японский перепел является классическим представителем яичного направления и согласно данным Ройтера Я.С. (2017) характеризуется ранним началом яйцекладки (35—40 дней) и высокой яйценоскостью (288,6 яиц в год). При этом живая масса самок составляет 180,0 г, а самцов 150,0 г. Эстонский перепел представитель с промежуточным типом продуктивности — мясо-яичного направления, полученный в результате скрещивания японских перепелов и породы фараон, что позволило сохранить высокую степень яйценоскости (263,0 яиц в год), увеличив при этом к 1,5 месячному возрасту живую массу самок до 239,5 г, а самцов — до 187,8 г [1]. В 2019 году на базе ООО «Генофонд» была выведена и запатентована новая порода перепелов мясного направления — радонежская. Данная порода получена путем скрещивания пород фараон и техасская белая и в возрасте 6-и недель в среднем достигает 350,0 г живой массы [2].

Несмотря на значительные достижения в разведении перепелов, вопросы эмбрионального развития данных птиц с различным направлением продуктивности остаются недостаточно изученными. На каждом этапе эмбрионального развития можно отметить особенности естественного течения процесса в зависимости от породы, основываясь на ключевые морфологические структуры. В свою очередь необходимо отметить, что перепела являются удобной лабораторной моделью для изучения эмбриогенеза, так как характеризуются коротким периодом эмбрионального развития (16—17суток), что делает их исследования особенно экономически целесообразными, в частности, в контексте возможности дальнейшего повышения продуктивности.

Целью данного исследования является сравнительная морфологическая оценка ранних этапов эмбриогенеза перепелов различных пород.

Жизнеспособность зародыша, его адаптационные возможности и последующая продуктивность напрямую зависят от ранних стадий эмбрионального развития. Вместе с тем необходимо отметить, что в основной массе фундаментальные работы, посвященные исследованию эмбриологии перепелов выполнены именно на птицах яичного направления (японская порода), тогда как эмбриональное развитие мясных и мясо-яичных пород остаются менее изученными [3—5].

Сравнительный анализ раннего эмбриогенеза перепелов разных пород позволит выявить специфические закономерности онтогенеза. Практическая значимость исследования определяется возможностью разработки дифференцированных режимов инкубации для пород различного направления продуктивности, а также выявлением критических маркерных точек в процессе раннего развития, которые могут быть связаны с селекционной работой для повышения процента выводимости и жизнеспособности молодняка.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Материалами исследования служили эмбрионы перепелов японской, эстонской и радонежских пород, полученные от здоровых особей, содержащихся в условиях, соответствующих зоогигиеническим нормам. Процесс инкубации осуществлялся в автоматическом инкубаторе HHD 56A при соответствующих режимах температуры и влажности [6].

Перед вскрытием все яйца взвешивались при помощи лабораторных весов, измерялась максимальная ширина и длина с помощью цифрового штангенциркуля. Вскрытие яиц проводилось на 12, 24, 36, 48, 60 и 72 часы инкубации в соответствии с маркерными периодами [7]. Вскрывалось по десять яиц каждого периода инкубации и породы. В процессе отбора эмбрионов на ранних сроках использовался метод «Early Chick» (EC culture) — это методика *ex vivo* культивирования ранних эмбрионов птиц (преимущественно куриц) вне яйца на стадиях гаструляции и нейруляции [8, 9]. Данный метод позволяет визуализировать эмбрионы в режиме реального времени на ранних стадиях развития, что делает его ценным инструментом для исследований эмбриогенеза. Перепелиное яйцо вскрывается с помощью глазных ножниц, белок вместе с желтком перемещаются в чашку Петри. Белок удаляется, а эмбрион должен быть размещен сверху, примерно посередине желтка. После полного очищения вителлиновой оболочки от белка, вокруг эмбриона располагается заранее подготовленное по размеру кольцо из фильтровальной бумаги. Фильтровальная бумага способствует сохранению структурной целостности эмбрионов, что крайне важно для последующего изучения. После размещения кольца из фильтровальной бумаги вокруг эмбриона, желточная оболочка обрезается по контуру кольца и аккуратно отделяется от желтка. Подготовленный таким образом эмбрион вместе с поддерживающим кольцом переносится на предметное стекло. Эта методика позволяет исследовать морфологические структуры под бинокулярным стереоскопическим микроскопом МБС-10 при 4,8-, 16- и 32-кратном увеличении. Данный подход способствует осуществлению идентификации стадий развития по критериям Хамбургера-Гамильтона [10], а также проводить регистрацию морфометрических параметров (длина зародышевого диска, количество сомитов, формирование нервной трубки и т.д.) с минимальной травматизацией биологического материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Как известно, процесс эмбриогенеза у птиц начинается еще до снесения яйца, в верхней трети яйцевода самки в области воронки, где начинается дробление зиготы и формирование специфического для птиц зародышевого диска. На данном этапе эмбрион находится на стадии бластулы или ранней гаструлы. Благодаря этому, при вскрытии только что снесенного яйца, зародышевый диск хорошо визуализируется у всех пород перепелов в виде светлого пятна с концентрической структурой строения.

Перед вскрытием яиц проводилась регистрация морфометрических показателей яиц. Было установлено, что средняя максимальная ширина яйца японского перепела составляет — 25,24±0,77 мм, эстонского перепела — 25,25±0,74 мм, радонеж-

Таблица 1 — Распределение эмбрионов по стадиям Хамбургера-Гамильтона в зависимости от продолжительности инкубации у трёх пород перепелов

Table 1 — Distribution of embryos by Hamburger-Hamilton stages depending on the duration of incubation in three quail breeds

Часы инкубации	Японский перепел	Эстонский перепел	Радонежский перепел
12 ч	Стадия 4	Стадия 3—4	Стадия 3
24 ч	Стадия 5—6	Стадия 5	Стадия 4—5
36 ч	Стадия 10—11	Стадия 10	Стадия 10
48 ч	Стадия 13	Стадия 13	Стадия 12
60 ч	Стадия 17	Стадия 16	Стадия 15–16
72 ч	Стадия 18 (100 %)	Стадия 18 (60 %) / 17 (40 %)	Стадия 18 (40 %) / 17 (60 %)

ского перепела — 25,99±0,44 мм. Средняя максимальная длина яйца японского перепела составляет — 32,7±1,29 мм, эстонского перепела — 33,48±1,26 мм, радонежского перепела —— 35,41±0,61 мм.

После 12 часов инкубации основная масса эмбрионов японского перепела достигла 4-ой стадии (табл. 1), которая характеризуется наличием увеличившегося в размере зародышевого диска (до 1,7—2,0 мм). Из зародышевого щитка впоследствии развивается тело эмбриона [11]. Первичная полоска достигала двух третей от максимального размера или полностью была сформирована. На переднем конце первичной полоски визуализировался гензеновский узелок. Тем временем яйца эстонского перепела к тому же сроку находились на переходных стадиях от 3-ей к 4-ой, а средний размер зародышевого диска составлял 1,5—1,9 мм. У многих эмбрионов первичная полоска еще не достигала середины зародышевого щитка. Подавляющее большинство 12-часовых эмбрионов радонежского перепела находились лишь на 3-ей стадии развития. Гензеновский узелок отсутствовал, первичная полоска при этом не достигала и половины своего максимального размера, а зародышевый диск был достаточно крупным и составлял 1,7—1,9 мм.

Через 24 часа инкубации эмбрионы японского перепела соответствуют 5—6-ой стадии развития (рис. 1).

У более развитых эмбрионов (6 стадия) активно протекала стадия нейруляции, нервный желоб продолжал углубляться, и нервные складки постепенно смыкались над ним, формируя нервную трубку (длина эмбриона в среднем 3,17±0,18 мм). Тем временем эмбрионы эстонского перепела были на 5-ой стадии развития, достигая в длину 3,17±0,14мм. Гензеновский узелок и хорда хорошо визуализируются, но нервные складки еще не сформированы. Отставание в темпах эмбриогенеза наблюдается у большинства эмбрионов радонежской породы, которые в суточном возрасте завершают 4-ую и постепенно переходят к 5-ой стадии, при этом средний размер этих эмбрионов больше японских на 0,07±0,19 мм, а эстонских — на 0,07±0,15 мм.

К 36-и часам инкубации у перепелов японской породы эмбрионы находились на стадии поздней нейрулы (10—11 стадии, при средней длине эмбрионов 4,86±0,33 мм). Головной отдел нервной трубки значительно шире спинномозгового, что указывает на начальные этапы формирования головного мозга. Визуализируются 8—13 пары сомитов. При этом, первая пара сомитов, согласно данным Perry S. M., Whitt J. G., Reyna K. S. (2022), в последующих стадиях начинает исчезать и не будет учитываться [12]. Увеличивается васкуляризация эмбриона и появляются первые признаки поворота сердца и головного отдела. Остатки первичной полоски отчетливо видны были только в каудальной части.

Результаты наших исследований показали, что в данный период передний невропор закрывается, что является важным этапом в завершающей стадии формирования нейроцели. К концу процесса нейруляции мы обнаружили, что головной отдел нервной трубки разделился на три мозговых пузыря, обозначенные слабыми поперечными перетяжками: первичный передний мозг, средний мозг и первичный задний мозг. Передний мозговой пузырь является самым крупным, его боковые стенки образуют зачатки глаз. В этот период также начинается формирование головной складки амниона, что указывает на начало развития внезародышевых оболочек.

Эмбрионы эстонских перепелов соответствуют 10-ой стадии: количество сомитов не превышает 10 пар, островки ангиогенеза выражены. Головной отдел также характеризуется наличием трех первичных мозговых пузырей, но при этом сер-

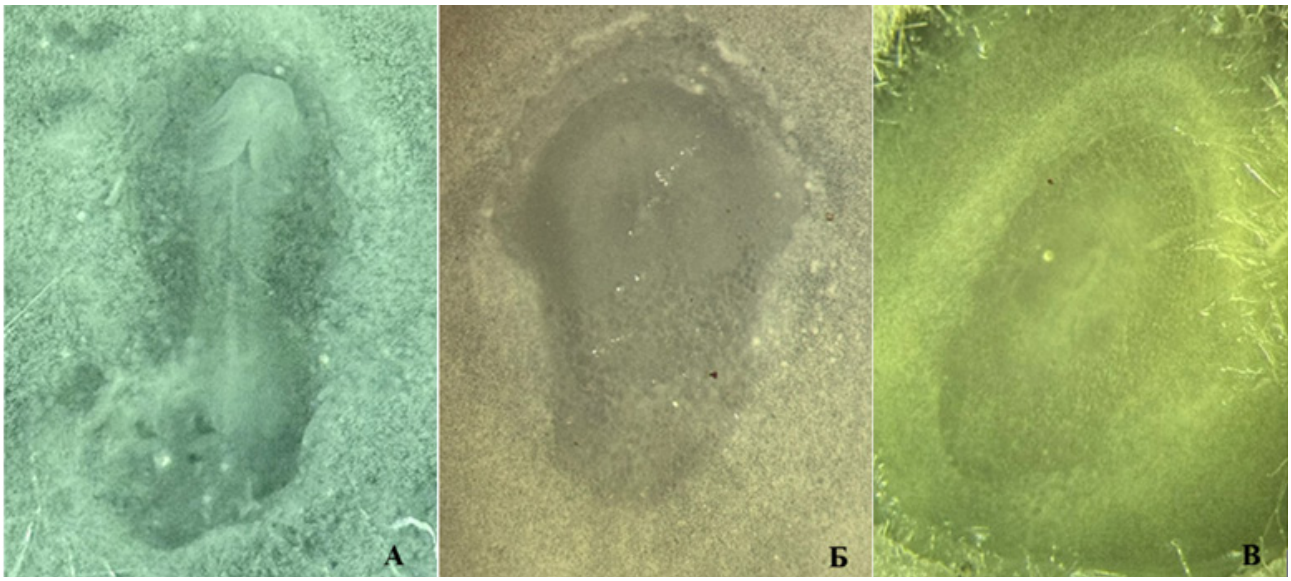


Рисунок 1 *— Эмбрионы перепелов после 24-х часов инкубации: А — японская порода, Б — эстонская порода, В — радонежская порода. Увеличение х16.*

Figure 1 *— Quail embryos after 24 hours of incubation: A — Japanese breed, B — Estonian breed, C — Radonezh breed. Magnification x16.*

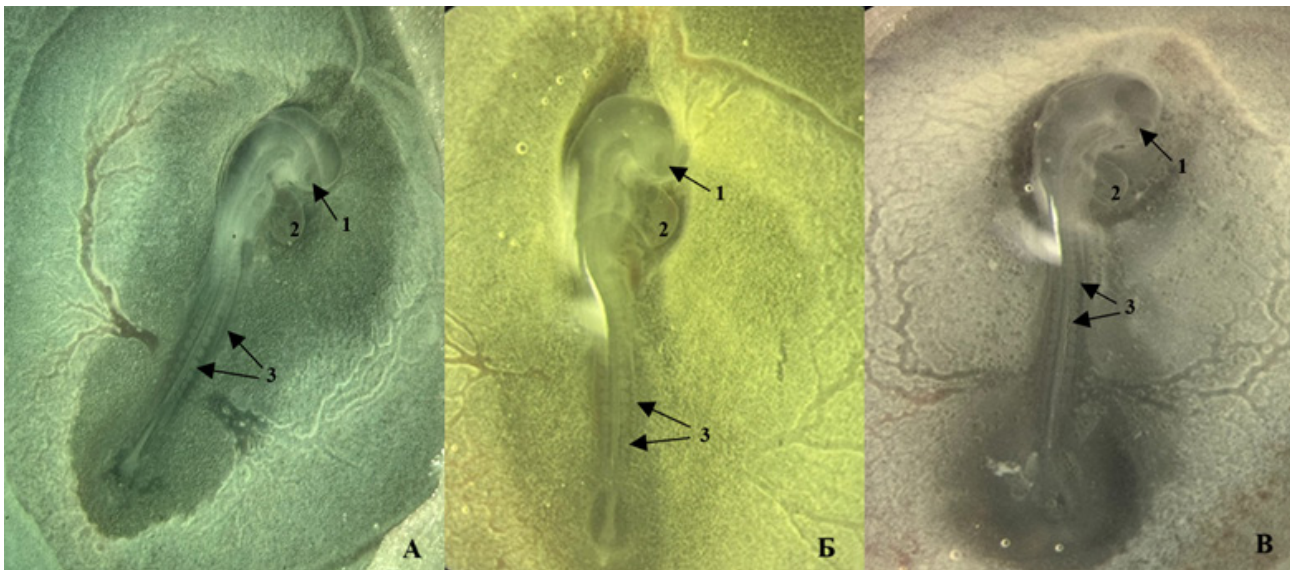


Рисунок 2 *— Эмбрионы перепелов после 48-ми часов инкубации: А — японская порода, Б — эстонская порода, В — радонежская порода. Обозначены: 1 — глазной бокал, 2 — зачаток сердца, 3 — сомиты. Увеличение х16.*

Figure 2 *— Quail embryos after 48 hours of incubation: A— Japanese breed, B — Estonian breed, C — Radonezh breed. Labels: 1 — optic cup, 2 — cardiac rudiment, 3 — somites. Magnification x16.*

дечный изгиб развит более слабо. Средняя длина эмбриона составляла 4,55±0,17 мм. Аналогичная картина визуализируется у эмбрионов радонежского перепела, при средней длине 5,03±0,25 мм.

На вторые сутки инкубации эмбрионы японского и эстонского перепела достигали 13-ой стадии развития, что характеризуется поворотом краниальной части эмбриона в латеральном направлении (рис. 2). На этом этапе различимы пять головных мозговых пузырей: передний мозг делится на зачатки переднего и промежуточного мозга; средний мозг остается без явных изменений, в то время как зачаток заднего мозга подразделяется на зачаток мозжечка и зачаток варолиева моста. Хорошо визуализировались зачатки глаз в виде глазных бокалов и слуховые пузырьки, что свидетельствует о начале формирования сенсорных органов. Количество пар сомитов достигало 19-и. Длина эмбрионов японского и эстонского перепела составляла 6,26±0,21 и 6,58±0,14 мм, соответственно. Хорошо дифференцируются кровеносные сосуды, особенно крупные желточные артерии. Зачаток сердца был отчетливо выражен и имел форму петлеобразной трубки, что говорит об активных процессах развития кровеносной системы.

В отличие от них, радонежские перепела к 48-и часам преимущественно находятся на 12-ой стадии, при длине 6,31±0,15 мм. Данная стадия характеризуется наличием 16-и пар сомитов, зачатков глаз и слуховых пузырьков; краниальная часть эмбриона была латерально смещена. Зачаток сердца и сосудистая сеть развиты в меньшей степени, чем у эмбрионов других пород.

К 60-и часам инкубации наиболее зрелыми оказались эмбрионы перепелов японской породы, которые соответствуют 17-ой стадии развития, достигая 7,29±0,13 мм в длину. В этот период характерно наличие у эмбрионов носовых ямок — зачаток органа обоняния. Шейный изгиб сохранял свое направление по отношению к туловищу и увеличивался, хотя угол сгиба все еще оставался больше 90°. Количество сомитов не превышало 28-и пар. Амниотическая оболочка продолжала

Таблица 2 — Длина эмбрионов перепелов трёх пород различного направления продуктивности (M ± SD, мм)

Table 2 — Length of quail embryos of three breeds with different productivity trends (M ± SD, mm)

Период	Японский перепел	Эстонский перепел	Радонежский перепел	Статистика	p
24 ч	3,17±0,18	3,17±0,14	3,24±0,06	H = 2,12	0,3461
36 ч	4,86±0,33	4,55±0,17	5,03±0,25	F = 8,48	0,0014
48 ч	6,26±0,21	6,58±0,14	6,31±0,15	F = 10,09	0,0005
60 ч	7,29±0,13	7,15±0,12	7,06±0,13	F = 7,87	0,0020
72 ч	8,15±0,17	8,06±0,10	7,92±0,19	F = 5,38	0,0108

Примечание: *F — критерий Фишера (ANOVA); H — критерий Краскела-Уоллиса. Степени свободы: df = 2; 27 для ANOVA (k = 3 группы, n = 10 на группу), df = 2 для Краскела-Уоллиса.*

Таблица 3 — Результаты попарных сравнений длины эмбрионов между породами (критерий Тьюки)

Table 3 — Results of pairwise comparisons of embryo length between breeds (Tukey's HSD test)

Период	Японский и эстонский перепел	Японский и радонежский перепел	Эстонский и радонежский перепел
24 ч	—	—	—
36 ч	p = 0,0335 *	p = 0,3595 н/з	p = 0,0011 **
48 ч	p = 0,0008 ***	p = 0,8281 н/з	p = 0,0038 **
60 ч	p = 0,0510 н/з	p = 0,0015 **	p = 0,3284 н/з
72 ч	p = 0,4134 н/з	p = 0,0082 **	p = 0,1394 н/з

Примечание: ** p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; н/з — различия не значимы. «—» — post-hoc анализ не проводился (основной тест не выявил значимых различий).*

активно развиваться вдоль тела зародыша, распространяясь на большую часть туловища.

У эмбрионов эстонских перепелов в этот период еще отсутствуют носовые ямки, шейный изгиб чуть менее выражен, количество сомитов в среднем было 27 пар. Все это указывает на соответствие 16-ой стадии развития эмбрионов, при этом длина составляла 7,15±0,12 мм.

Эмбрионы радонежской породы в этот момент находились на 15—16 стадиях развития (средняя длина эмбриона 7,06±0,13 мм), так как количество пар сомитов не превышает к этому сроку инкубации 24-х, передний и задний мозг образуют острый угол, а амнион распространен лишь до 7—10 пар сомитов.

К 72-м часам инкубации у всех трех пород наблюдается плавное сближение темпов развития, эмбрионы начинают достигать 17—18-ой стадий развития (рис. 3).

При этом 100 % и 60 % эмбрионов японской и эстонской пород соответственно находятся на 18-й стадии. Радонежские перепела в 40 % случаев соответствуют стадии 18-й, а 60 % на 17-й стадии.

Длина эмбрионов японского перепела составляет 8,15±0,17 мм, эстонского — 8,06±0,1 мм и радонежского — 7,92±0,19 мм. У зародышей регистрируются увеличившиеся в размере и хорошо обособленные друг от друга пять мозговых пузырей, а также у всех уже развиты зачатки органов чувств. В данном возрасте у эмбрионов сформированы гребневидные зачатки грудных конечностей. На 18-й стадии развития наблюдается осевая ротация в хвостовой части эмбриона за счет поворота хвостового бугорка вправо. Амниотические складки еще больше распространяются в каудальном направлении, но пока не полностью замкнуты.

Результаты, полученные в ходе статистического анализа приведены в таблицах 2 и 3.

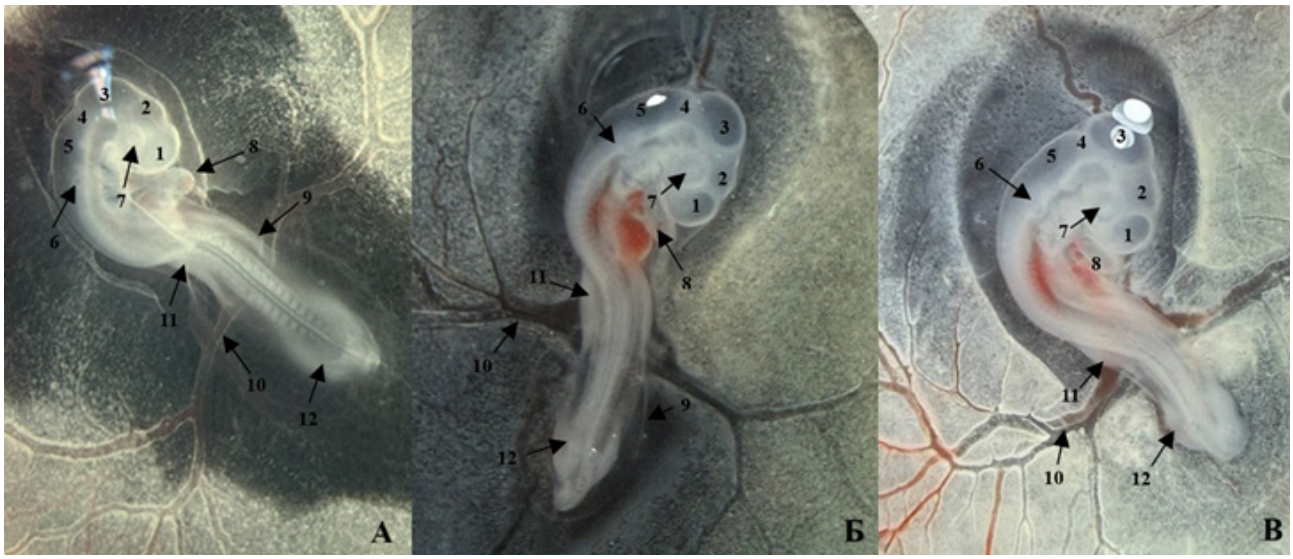


Рисунок 3 *— Эмбрионы перепелов после 72-х часов инкубации: А — японская порода, Б — эстонская порода, В — радонежская порода. Обозначены: 1 — передний мозг, 2 — промежуточный мозг, 3 — средний мозг, 4 — задний мозг, 5— продолговатый мозг, 6 — слуховой пузырек, 7 — глазной бокал, 8 — зачаток сердца, 9 — край амниотической складки, 10 — сосуды, 11 — зачаток грудной конечности, 12 — зачаток тазовой конечности. Увеличение х16.*

Figure 3 *— Quail embryos after 72 hours of incubation: A — Japanese breed, B — Estonian breed, C — Radonezh breed. Labels: 1 — forebrain, 2 — diencephalon, 3 — midbrain, 4 — hindbrain, 5 — medulla oblongata, 6 — auditory vesicle, 7 — optic cup, 8 — cardiac rudiment, 9 — amniotic fold margin, 10 — vessels, 11 — thoracic limb rudiment, 12 — pelvic limb rudiment. Magnification x16.*

Результаты представлены в виде M±SD (среднее арифметическое ± стандартное отклонение). Межгрупповые различия оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим попарным сравнением по критерию Тьюки (Tukey HSD). Предварительно проверялнормальность распределения данных (критерий Шапиро–Уилка) однородность дисперсий (критерий Левена). В случае нарушения условий параметрического анализа применяли непараметрический критерий Краскела–Уоллиса. Критический уровень значимости принимали равным p=0,05.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенные исследования позволяют выявить наличие различий в темпах развития эмбрионов перепелов трех пород. Наиболее ускоренный темп развития эмбрионов японского перепела демонстрируется уже к 12 часам инкубации. По шкале Хамбургера–Гамильтона они достигают 4-й стадии, тогда как эмбрионы эстонской породы находятся на переходе от 3-й к 4-й, радонежские в свою очередь находятся на 3-й стадии. К 60 часам инкубации наблюдается максимум в асинхронности развития: японские (стадия 17) в значительной степени превосходят радонежских (стадия 15–16) по длине эмбриона (7,29±0,13 мм против 7,06±0,13 мм; p=0,002).

Эстонский перепел, относящийся к мясо-яичному направлению, занимает промежуточную позицию. Однако, необходимо отметить, что развитие эмбрионов данной породы характеризуется неравномерной динамикой: на 36 часов инкубации длина эмбрионов значимо меньше, чем у японских (p=0,034) и радонежских (p=0,001), хотя к 48 часам эмбрионы эстонского перепела заметно опережают обе породы (p<0,001 и p=0,004, соответственно). Данный факт может свидетельствовать о компенсаторном ускорении в активной период нейруляции.

Самым медленным темпом развития на ранних этапах эмбриогенеза характеризуется радонежская порода перепелов. На протяжении первых 60—72 часов инкубации сохраняется значимое отставание развития японской от радонежской пород (p=0,002 и p=0,008, соответственно).

В связи с выраженными породоспецифическими различиями в темпах раннего эмбриогенеза перепелов, можно утверждать о необходимости дифференцированного подхода к контролю развития в период инкубации. А именно, необходимо корректировать критические сроки оценки жизнеспособности эмбрионов с учётом породы, сдвигая маркерные периоды для радонежских перепелов на 6—12 часов относительно сроков, предусмотренных для японской породы.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EARLY EMBRYOGENESIS IN DIFFERENT BREEDS OF QUAIL

Voznesenskaya P. S.* — PhD student, Department of the Biology, Ecology and Histology (ORCID 0009-0007-8531-6328); **Mkrtchyan M. E.** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Biology, Ecology and Histology (ORCID 0000-0002-0615-5703).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*p.s.voznesenska@gmail.com.

ABSTRACT. *Quail farming is one of the promising areas of industrial poultry farming. This study is devoted to a comparative analysis of the early stages of embryogenesis of quails of three breeds of different productivity trends (Japanese — egg, Estonian — meat-egg, Radonezh — meat). The work used embryos of different incubation periods: 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours. The eggs were opened after preliminary morphometry. An adapted «Early Chick, EC» technique was used to better visualize the early stages of embryogenesis. In the course of the research, discrepancies in the rates of embryogenesis were established: Japanese quail embryos show the most accelerated rate of development, ahead of the Estonian and Radonezh breeds at stages 1-2 and 2-3, respectively, on the Hamburger—Hamilton scale. The main differences can be observed already in the first 12 hours: Japanese quail embryos show a more active rate of development. However, by the 72nd hour of incubation, a gradual convergence of development rates is observed in all three breeds. At the same time, 100 % and 60 % of the embryos of Japanese and Estonian breeds, respectively, are at the 18th stage. In 40 % of cases, Radonezh quails correspond to the 18th stage, and 60 % correspond to the 17th stage of development. The revealed patterns and breed-specific differences can contribute to the development of differentiated incubation regimes and the establishment of critical marker points during the early periods of embryonic development.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ройтер, Я. С. Генофонд пород перепелов: состояние и перспективы использования / Я. С. Ройтер, Т. Н. Дегтярева, О. Н. Дегтярева, Д. В. Аншаков // Птицеводство. — 2017. — № 6. — С. 7—11.

2. Ройтер, Я. Радонежские — новая мясная порода перепелов / Я. Ройтер, О. Дегтярева // Животноводство России. — 2020. — № S3. — С. 9—10.

REFERENCES

1. Roiter, Ya. S. Genofond porod perepelov: sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya / Ya. S. Roiter, T. N. Degtyareva, O. N. Degtyareva, D. V. Anshakov // Ptitsevodstvo. — 2017. — № 6. — P. 7—11.

2. Roiter, Ya. Radonezhskie — novaya myasnaya poroda perepelov / Ya. Roiter, O. Degtyareva // Zhivotnovodstvo Rossii. — 2020. — № S3. — P. 9—10.

3. Гурьева, Т. С. Особенности морфогенеза глаза у эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях невесомости / Т. С. Гурьева, О. А. Дадашева, Э. Н. Григорян [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2003. — № 6. — С. 50—55.

4. Комиссарова, Д. В. Гистогенез костной и хрящевой ткани эмбрионов японского перепела в условиях невесомости на завершающих стадиях эмбрионального развития / Д. В. Комиссарова, О. А. Дадашева, Т. С. Гурьева, В. Н. Сычев // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2013. — № 6. — С. 24—28.

5. Орлов, О. И. Влияние условий ослабленного в 1000 раз магнитного поля Земли на эмбриогенез и онтогенез японского перепела в ряду поколений / О. И. Орлов, Т. С. Гурьева, О. А. Дадашева [и др.] // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. — 2020. — № 1. — С. 94—100.

6. Бессарабов, Б. Ф. Инкубация яиц с основами эмбриологии сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 310700 «Зоотехния» / Б. Ф. Бессарабов. — Москва: КолосС, 2006. — (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). — ISBN 5-9532-0210-5.

7. Афанасьев, Г. Д. Маркерные периоды в эмбриональном развитии японского перепела / Г. Д. Афанасьев, Л. А. Попова, А. С. Комарчев, С. С. Шеху // Птицеводство. — 2016. — № 6. — С. 40—43.

8. Chapman S. C., Collignon J., Schoenwolf G. C., Lumsden A. Improved method for chick whole—embryo culture using a filter paper carrier. Developmental Dynamics. 2001;220(3):284—289.

9. Endo Y., Seifert J., Sutherland A. Chick Embryo Culture and Electroporation. Current Protocols in Cell Biology. 2012;56(1):19.15.1—19.15.14. DOI: 10.1002/0471143030.cb1915s56.

10. Hamburger V., Hamilton H. L. A series of normal stages in the development of the chick embryo. Journal of Morphology. 1951;88(1):49—92.

11. Bellairs R., Osmond M. The Atlas of Chick Development. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2014. — 436 p. DOI: 10.1016/C2010-0-65149-2.

12. Perry S. M., Whitt J. G., Reyna K. S. The normal stages of development for the California valley quail. PLoS ONE. 2022;17(5): e0268524. DOI: 10.1371/journal.pone.0268524.

3. Gur'eva, T. S. Osobennosti morfogeneza glaza u ehmbrionov yaponskogo perepela, razvivshikhsya v usloviyakh nevesomosti / T. S. Gur'eva, O. A. Dadasheva, Eh. N. Grigoryan [i dr.] // Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya meditsina. — 2003. — № 6. — P. 50—55.

4. Komissarova, D. V. Gistogenez kostnoi i khryashchevoi tkani ehmbrionov yaponskogo perepela v usloviyakh nevesomosti na zavershayushchikh stadiyakh ehmbrional'nogo razvitiya / D. V. Komissarova, O. A. Dadasheva et al. // Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya meditsina. — 2013. — № 6. — P. 24—28.

5. Orlov, O. I. Vliyanie uslovii oslablennogo v 1000 raz magnitnogo polya Zemli na ehmbriogenez i ontogenez yaponskogo perepela v ryadu pokolenii / O. I. Orlov, T. S. Gur'eva, O. A. Dadasheva [i dr.] // Doklady Rossiiskoi akademii nauk. Nauki o zhizni. — 2020. — № 1. — P. 94—100.

6. Bessarabov, B. F. Inkubatsiya yaits s osnovami ehmbriologii sel'skokhozyaistvennoi ptitsy: ucheb. posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 310700 «Zootekhniya» / B. F. Bessarabov. — Moskva: KolosS, 2006. — (Uchebniki i uchebnye posobiya dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii). — ISBN 5-9532-0210-5.

7. Afanas'ev, G. D. Markernye periody v ehmbrional'nom razvitii yaponskogo perepela / G. D. Afanas'ev, L. A. Popova, A. S. Komarchev, S. S. Shekhu // Ptitsevodstvo. — 2016. — № 6. — P. 40—43.

8. Chapman S. C., Collignon J., Schoenwolf G. C., Lumsden A. Improved method for chick whole—embryo culture using a filter paper carrier. Developmental Dynamics. 2001;220(3):284—289.

9. Endo Y., Seifert J., Sutherland A. Chick Embryo Culture and Electroporation. Current Protocols in Cell Biology. 2012;56(1):19.15.1—19.15.14. DOI: 10.1002/0471143030.cb1915s56.

10. Hamburger V., Hamilton H. L. A series of normal stages in the development of the chick embryo. Journal of Morphology. 1951;88(1):49—92.

11. Bellairs R., Osmond M. The Atlas of Chick Development. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2014. — 436 p. DOI: 10.1016/C2010-0-65149-2.

12. Perry S. M., Whitt J. G., Reyna K. S. The normal stages of development for the California valley quail. PLoS ONE. 2022;17(5): e0268524. DOI: 10.1371/journal.pone.0268524.

УДК: 636.1.082.453:611.6
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.279

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ КОБЫЛ ЯКУТСКОЙ ПОРОДЫ В РАЗНЫЕ СТАДИИ ПОЛОВОГО ЦИКЛА

Слепцов Е. С.[1]* — д-р ветеринар. наук, гл. науч. сотр. лаборатории оленеводства и традиционных отраслей, г. Якутск; **Алферов И. В.**[1] — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории селекции и разведения лошадей, г. Якутск; **Румянцева Т. Д.**[2] — вед. специалист научно-исследовательской части АГАТУ; **Саввинова М. С.**[2] — д-р ветеринар. наук, проф. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы и гигиены.

[1]ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» — Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова.

[2]ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет».

*evgeniycemenovic@mail.ru

Ключевые слова: *якутская порода лошадей, кобылы, половой цикл, стадия уравновешивания, стадия возбуждения, морфометрия, матка, яичники, фолликулы.*

Key words: *Yakutian horse breed, mares, estrous cycle, equilibrium stage, excitation stage, morphometry, uterus, ovaries, follicles.*

Финансирование. *Работа выполнена в рамках государственного задания FSRS-2024-0025*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В статье представлены результаты изучения морфофункциональных изменений половых органов кобыл якутской породы в разные стадии полового цикла. Исследования выполнены в условиях Центральной Якутии (Намский район) на базе крестьянского хозяйства в весенне-летний период. Материалом для исследований послужили 14 клинически здоровых кобыл в возрасте от 4 до 6 лет, находившихся на круглогодовом пастбищно-табунном содержании. Дополнительно проведено морфометрическое исследование половых органов новорожденной кобылки. Работа включала два этапа. На первом этапе проводили вагинальное исследование с помощью влагалищного зеркала для оценки состояния слизистых оболочек преддверия влагалища, влагалища, характера секрета и степени раскрытия шейки матки. На втором этапе, после убоя животных, выполняли линейные промеры и взвешивание органов: определяли длину преддверия и влагалища, длину шейки матки, длину и ширину тела матки, длину рогов матки и яйцепроводов, а также длину, ширину, толщину и массу яичников. Учитывали количество, размеры фолликулов и наличие жёлтых тел. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики.Установлено, что в стадию уравновешивания слизистые оболочки бледно-розовые, матовые, шейка матки закрыта. Длина преддверия влагалища составляет 6,63±0,18 см, влагалища — 23,93±0,58 см, масса влагалища — 456,6±22,45 г. Длина тела матки — 10,2±1,05 см, ширина — 7,1±0,15 см, масса матки — 907,0±38,1 г. Яичники бобовидной формы: правый длиной 5,43±0,23 см, массой 30,0±2,08 г; левый — 4,93±0,08 см, массой 26,6±1,2 г. В яичниках выявляются фолликулы диаметром 1,0–1,5 см и жёлтые тела полового цикла. В стадию возбуждения слизистые оболочки гиперемированы, блестящие, шейка матки раскрыта, отмечается прозрачная слизь. Длина преддверия влагалища увеличивается до 7,20±0,17 см, влагалища — до 26,53±1,02 см. Длина тела матки возрастает до 13,63±0,58 см, ширина — до 7,33±0,12 см, масса матки достигает 995,0±16,62 г. Яичники приобретают грушевидную или шаровидную форму, их масса увеличивается до 37,66±1,45 г (правый) и 35,66±3,71 г (левый). Выявлены фолликулы диаметром 3,5–4,3 см, в одном случае — 6,1 см, что соответствует преовуляторной стадии. Установлено, что после выжеребки половые циклы проявляются в среднем через 10,32±0,64 суток. Продолжительность полового цикла составляет 18,90±1,23 суток. Однократная охота отмечена у 60 % кобыл, двукратная — у 28,1 %, трёхкратная — у 11,4 %. Общая зажеребляемость по табуну — 76,31 %.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Республика Саха (Якутия) занимает особое место в структуре сельского хозяйства России как регион традиционного табунного коневодства. Благодаря огромным территориям, занятым естественными пастбищами, и многовековому опыту коренного населения, коневодство здесь является не только экономически рентабельной отраслью, но и важной частью культурного наследия [1, 4]. Основой отрасли служит аборигенная якутская порода лошадей, уникальные адаптационные качества которой позволяют ей существовать в экстремальных условиях Крайнего Севера. Эти животные круглогодично содержатся на подножном корме, добывая его из-под снега даже при температурах ниже -50°С, что требует от организма колоссального напряжения

всех систем, включая репродуктивную [2, 8].

Успешное воспроизводство табуна является ключевым условием рентабельности коневодства. Однако репродуктивная функция, будучи сложным нейрогуморальным процессом, наиболее чувствительна к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Как отмечают исследователи, половой цикл у кобыл представляет собой не просто локальные изменения в половых органах, а комплексную реакцию всего организма, регулируемую центральной нервной и эндокринной системами [3, 7]. Для лошадей характерна сезонная полицикличность, при этом продолжительность и полноценность половых циклов напрямую зависят от породных особенностей, условий кормления, содержания и климатических факторов [5, 10].

В научной литературе достаточно подробно описаны морфофункциональные изменения, происходящие в половых органах кобыл в разные стадии полового цикла. Классические работы по ветеринарному акушерству содержат данные о размерах матки, яичников и динамике фолликулогенеза у лошадей культурных пород [6, 10]. Установлено, что в стадию возбуждения (половой охоты) наблюдается гиперемия слизистых оболочек, увеличение размеров органов и активизация секреции, тогда как в стадию уравновешивания эти признаки сглаживаются, и половая система приходит в состояние относительного покоя.

Однако, несмотря на наличие общих данных по физиологии размножения лошадей, сведения применительно к якутской породе остаются крайне ограниченными. Условия Крайнего Севера накладывают столь специфический отпечаток на все биологические процессы, что прямое перенесение данных, полученных на других породах, невозможно. В доступной литературе практически отсутствуют систематизированные морфометрические показатели половых органов якутских кобыл в динамике полового цикла. Нет четких данных о том, как именно изменяются линейные размеры и масса матки, влагалища и яичников при переходе от стадии покоя к стадии возбуждения, а также какова морфологическая характеристика фолликулярного аппарата в эти периоды [11]. Восполнение этого пробела необходимо как для понимания физиологических особенностей породы, так и для разработки научно обоснованных методов диагностики состояния репродуктивной системы и повышения эффективности воспроизводства в табунном коневодстве.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы явилось изучение морфометрических показателей половых органов кобыл якутской породы в различные стадии полового цикла (стадия уравновешивания и стадия возбуждения) на основании комплекса клинических (вагинальных) и морфологических (послеубойных) исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования выполнены на лошадях якутской породы в условиях Центральной Якутии. Работа проводилась в весенне-летний период на базе конебазы крестьянского хозяйства, расположенного в Намском районе Республики Саха (Якутия).

Объект исследований. Для изучения морфофункциональных изменений половых органов в разные стадии полового цикла было отобрано 14 клинически здоровых кобыл в возрасте от 4 до 6 лет, предназначенных для убоя. Животные находились на круглогодовом пастбищно-табунном содержании, характерном для якутского коневодства. Дополнительно проведено морфометрическое исследование половых органов новорожденной кобылки.

Методы исследований. Исследования выполнялись в два этапа:

Вагинальное исследование *in vivo*. Перед убоем у всех кобыл проводили осмотр наружных половых органов и вагинальное исследование с помощью влагалищного зеркала. Оценивали состояние половой щели, слизистых оболочек преддверия влагалища и влагалища (цвет, блеск, наличие и характер слизи), а также степень раскрытия шейки матки. Исследования проводили в две стадии полового цикла: стадию уравновешивания (торможения) и стадию возбуждения (половой охоты).

Морфометрия половых органов post-mortem. После убоя животных на специально отведённой площадке ветеринарной лечебницы извлекали половые органы и проводили их линейные и весовые измерения. Измерительной лентой определяли:

длину преддверия влагалища и длину влагалища;

длину шейки матки;

длину и ширину тела матки;

длину правого и левого рогов матки;

длину правого и левого яйцепроводов;

длину, ширину и толщину правого и левого яичников.

Массу органов (влагалища, матки, яичников) определяли методом взвешивания.

При макроскопическом исследовании яичников учитывали наличие растущих фолликулов, их количество и диаметр, а также присутствие жёлтых тел полового цикла с оценкой их цвета и размеров.

Дополнительно для сравнительной характеристики возрастных особенностей было проведено аналогичное морфометрическое исследование половых органов новорожденной кобылки.

Учёт и анализ данных. По каждому животному вели индивидуальный протокол, в который заносили фактические данные вагинального осмотра и результаты промеров. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с вычислением средних арифметических значений и их ошибок (M±m). Сравнительный анализ морфометрических показателей проводили между стадией уравновешивания и стадией возбуждения полового цикла.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Проведённые исследования позволили установить комплекс закономерных морфологических и морфофункциональных изменений половых органов кобыл якутской породы в зависимости от стадии полового цикла. Выявленные различия носили системный характер и затрагивали как наружные, так и внутренние отделы репродуктивной системы, отражая физиологическую динамику гормональной регуляции.

При клиническом вагинальном исследовании в стадии уравновешивания половая щель была сомкнута, половые губы без выраженного отёка, умеренно эластичные. Слизистая оболочка преддверия влагалища и влагалища имела бледно-розовую окраску, матовую поверхность, сосудистый рисунок выражен слабо. Количество секрета было незначительным, слизь отличалась более вязкой консистенцией. Шейка матки располагалась каудально, имела втулкообразную форму, цервикальный канал был закрыт. Такая клиническая картина соответствовала лютеиновой фазе цикла и функциональному состоянию относительного покоя матки.

Морфометрический анализ органов, полученных после убоя, подтвердил клинические наблюдения. Слизистая оболочка влагалища сохраняла бледно-розовую окраску и умеренно выраженную складчатость. Длина преддверия влагалища составляла 6,63±0,18 см, длина влагалища — 23,93±0,58 см, масса влагалища — 245,66±22,45 г. Шейка матки имела плотную консистенцию, её длина равнялась 5,5±0,35 см, канал оставался закрытым, в просвете обнаруживалось небольшое количество вязкого секрета. Слизистая оболочка тела и рогов матки была бледной, полуматовой, с умеренной складчатостью. Длина тела матки составляла 10,2±1,05 см, ширина — 7,1±0,15 см, масса — 907±38,1 г. Правый и левый рога матки имели длину соответственно 17,66±0,33 и 16,66±1,20 см. Стенка матки отличалась более плотной консистенцией, что отражает влияние прогестерона и снижение васкуляризации по сравнению с эстрогенной фазой.

Яичники в стадии уравновешивания имели преимущественно бобовидную форму. Размеры правого яичника составляли 5,43±0,23 см в длину, 3,43±0,08 см в ширину и 3,13±0,06 см в толщину при массе 30,0±2,08 г; левого — 4,93±0,08 см, 3,33±0,08 см и 3,16±0,08 см соответственно при массе 26,6±1,2 г. В корковом слое выявлялись фолликулы диаметром 1,0—1,5 см, а на разрезе отдельных яичников определялись желтые тела диаметром 2,0—2,5 см плотной консистенции и желтовато-коричневой окраски. Наличие функционирующего желтого тела подтверждало завершённую овуляцию и активную прогестероновую фазу цикла.

В стадии возбуждения клиническая картина существенно отличалась. Половая щель была слегка набухшей, слизистая оболочка преддверия влагалища и влагалища гиперемирована, ярко-розового или красноватого цвета, с выраженным блеском. Отмечалось умеренное количество прозрачной, менее вязкой слизи. Шейка матки становилась мягче и частично раскрывалась, что функционально соответствует подготовке половых путей к осеменению.

Морфометрические данные в стадии возбуждения демонстрировали увеличение линейных размеров и массы отдельных органов. Длина преддверия влагалища увеличивалась до 7,20±0,17 см, длина влагалища — до 26,53±1,02 см. Масса влагалища составляла 221,66±6,02 г, что при увеличении длины может отражать изменение тканевой плотности вследствие усиленной васкуляризации и гидрата-

Таблица 1 — Морфометрия половых органов кобыл якутской породы в разные стадии полового цикла (M±m)

Table 1 — Morphometry of the genital organs of Yakut mares at different stages of the estrous cycle (M±m)

Показатель	Период покоя	Период охоты
Масса матки, г	907,0±38,1	995,0±16,6
Длина шейки матки, см	5,5±0,35	5,13±0,28
Длина тела матки, см	10,2±1,05	13,63±0,58
Ширина тела матки, см	7,1±0,15	7,33±0,12
Масса влагалища, г	456,6±22,45	221,66±6,02
Длина влагалища, см	23,93±0,58	26,53±1,02
Длина преддверия влагалища, см	6,63±0,18	7,20±0,17
Длина правого рога матки, см	17,66±0,33	15,6±0,60
Длина левого рога матки, см	16,66±1,20	15,23±0,26
Длина яйцепроводов, см	23,66±0,33	24,2–24,26
Масса правого яичника, г	30,0±2,08	37,66±1,45
Масса левого яичника, г	26,6±1,20	35,66±3,71
Морфометрия новорожденной кобылки. *Размеры правого и левого яичников были одинаковыми, бобовидной формы: длина 3,0 см, ширина 2,0 см, толщина 1,5 см. Длина яйцепроводов составила 5,0 см, правого и левого рогов матки — по 7,5 см, тела матки — 5,0 см, шейки матки — 1,0 см, длина влагалища — 3,5 см.*		

ции. Шейка матки имела более мягкую консистенцию, её длина составляла 5,13±0,28 см. Слизистая оболочка тела и рогов матки отличалась интенсивной гиперемией и блестящей поверхностью.

Наиболее выраженные изменения отмечены в матке. Длина её тела увеличивалась до 13,63±0,58 см, ширина — до 7,33±0,12 см, масса — до 995,0±16,62 г. По сравнению со стадией уравновешивания масса матки возрастала на 88 г, что составляет приблизительно 9–10 %. Увеличение длины тела матки превышало 30 %, что свидетельствует о выраженной эстроген-зависимой реакции эндометрия и миометрия. Рога матки демонстрировали некоторое изменение тонуса, что могло сопровождаться относительным изменением их линейных параметров.

Яичники в стадии возбуждения приобретали более округлую или грушевидную форму. Масса правого яичника составляла 37,66±1,45 г, левого — 35,66±3,71 г, что превышало показатели стадии уравновешивания на 20–30 %. В двух правых яичниках обнаружены фолликулы диаметром 3,5–4,3 см, а в одном левом — фолликул диаметром 6,1 см, соответствующий преовуляторной стадии. Стенка доминантного фолликула была истончённой, полость заполнена прозрачной жидкостью, что свидетельствует о приближении овуляции. Увеличение размеров яичников напрямую связано с ростом фолликулярного аппарата и усилением кровоснабжения.

Полученные данные позволили не только охарактеризовать морфометрические изменения половых органов кобыл якутской породы в разные стадии цикла, но и установить особенности течения полового цикла, сезонности размножения и воспроизводительной способности табунного поголовья в условиях Центральной Якутии.

Установлено, что после выжеребки восстановление половой цикличности у кобыл якутской породы происходит сравнительно рано. Первое проявление охоты регистрировалось в среднем через 10,32±0,64 суток после родов, при колебаниях от 6 до 21 суток. Это свидетельствует о достаточно высокой функциональной активности яичников в послеродовом периоде и быстром включении гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы в циклическую регуляцию.

Средняя продолжительность полового цикла составила 18,90±1,23 суток с вариабельностью от 14 до 31 суток, что соответствует общебиологическим закономерностям у лошадей. При этом однократное проявление половой охоты в течение случного периода отмечено у 60 % кобыл, двукратное — у 28,1 %, трёхкратное — у 11,4 %. Такая структура повторяемости охоты указывает на индивидуальные различия в овариальной активности и, вероятно, на влияние сезонных факторов и упитанности животных.

Общая зажеребляемость по табуну, учитываемая по фактической выжеребке, составила 76,31 %, что для условий экстремального климата следует оценивать как удовлетворительный и биологически обоснованный показатель воспроизводства. За одним жеребцом-косячником закреплялось от 7 до 15 кобыл, что соответствует традиционной нагрузке в табунном коневодстве и не превышает физиологические возможности производителей.

Случной сезон в Центральной зоне Якутии преимущественно проходит с марта по июнь включительно. Однако установлено, что сезонная активность не ограничивается строго указанными сроками: отдельные кобылы могут быть осеменены значительно позже — вплоть до октября–ноября, что подтверждает полициклический характер репродуктивной функции при выраженной фотопериодической зависимости. В начале сезона (март — первая декада апреля) коитус преимущественно происходил в дневные часы, когда температура воздуха повышалась до –10…–15 °C. По мере повышения температуры и увеличения светового дня половая активность смещалась на утренние и вечерние часы, что отражает поведенческую адаптацию животных к климатическим условиям.

Физиологические реакции самцов-производителей характеризовались стабильностью. Продолжительность рефлекса эрекции у молодых жеребцов превышала 3 минуты, у взрослых сокращалась до 2 минут. Рефлекс копуляции продолжался до 30 секунд, а рефлекс эякуляции — 10—30 секунд. В период охоты на одну кобылу жеребец совершал в среднем 1,32±0,1 садки с диапазоном от 1 до 4, что свидетельствует о достаточной половой активности и адекватной координации копулятивных рефлексов.

Морфологическая динамика яичников полностью соответствовала клиническим признакам охоты. Размер доминантного фолликула в фазе выраженной охоты (Ox4) достигал 3,5—4,5 см в диаметре. После овуляции желтое тело пальпировалось через 1—3 суток в виде выпячивания диаметром 2,5—3,5 см, что подтверждает своевременность овуляторного процесса.

Морфометрический анализ половых органов показал, что в период половой охоты происходит увеличение массы матки в среднем на 88 г, некоторое укорочение шейки матки, а также увеличение длины и ширины тела матки. Эти изменения связаны с усилением васкуляризации, повышением проницаемости сосудов и гидратацией тканей под влиянием эстрогенов. В стадии уравновешивания размеры органов уменьшались, слизистые оболочки приобретали бледную окраску, а в яичниках функционировало желтое тело, что соответствовало прогестероновой фазе цикла.

Таким образом, кобылы якутской породы являются полициклическими животными с ограниченным, но достаточно вариабельным половым сезоном. В условиях Центральной Якутии воспроизводительная функция характеризуется сочетанием сезонной адаптации, удовлетворительной зажеребляемости и сохранением типичных для вида морфофункциональных механизмов регуляции полового цикла.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE REPRODUCTIVE ORGANS OF YAKUTIAN MARES AT DIFFERENT STAGES OF THE ESTROUS CYCLE

Sleptsov E. S.[1]* — Dr. of Veterinary Sciences, Ch. scientific co-workers laboratory of reindeer husbandry and traditional industries; **Alferov I. V.**[1] — PhD (Agr. Sci.), Art. scientific co-workers laboratory of selection and breeding of horses; **Rumyantseva T. D.**[2] — lead. specialist of the research department of AGATU; **Savvinova M. S.**[2] — Dr. of Veterinary Sciences, prof. Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Hygiene.

[1]FGBUN FRC «Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» — Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov.

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Arctic State Agrotechnological University».

*evgeniycemenovic@mail.ru.

ABSTRACT. *The article presents the results of studying morphofunctional changes in the reproductive organs of Yakutian mares at different stages of the estrous cycle. The research was conducted in Central Yakutia (Namsky District) on the basis of a farm during the spring–summer period. The study involved 14 clinically healthy mares aged 4 to 6 years kept under year-round pasture–herd management typical for Yakutian horse breeding. Additionally, a morphometric examination of the reproductive organs of a newborn filly was performed. The work included two stages. At the first stage, vaginal examination using a speculum was carried out to assess the condition of the mucous membranes of the vaginal vestibule and vagina, the nature of secretions, and the degree of cervical opening. At the second stage, after the animals were slaughtered, linear measurements and weighing of the organs were performed: the length of the vestibule and vagina, the length of the cervix, the length and width of the uterine body, the length of the uterine horns and oviducts, as well as the length, width, thickness, and weight of the ovaries were determined. The number and size of follicles and the presence of corpora lutea were recorded. The obtained data were processed using variation statistics. In the equilibrium stage, the mucous membranes were pale pink and dull, and the cervix was closed. The length of the vaginal vestibule was 6,63±0,18 cm, the vaginal length was 23,93±0,58 cm, and the vaginal weight was 456,6±22,45 g. The uterine body length was 10,2±1,05 cm, width — 7,1±0,15 cm, and uterine weight — 907,0±38,1 g. The ovaries were bean-shaped: the right ovary measured 5,43±0,23 cm in length and weighed 30,0±2,08 g; the left ovary measured 4,93±0,08 cm and weighed 26,6±1,2 g. Follicles with a diameter of 1,0—1,5 cm and corpora lutea of the estrous cycle were detected in the ovaries. In the excitation stage, the mucous membranes were hyperemic and shiny, the cervix was open, and clear mucus was observed. The length of the vaginal vestibule increased to 7,20±0,17 cm, the vaginal length to 26,53±1,02 cm. The uterine body length increased to 13,63±0,58 cm, width to 7,33±0,12 cm, and uterine weight reached 995,00±16,62 g. The ovaries became pear-shaped or spherical, and their weight increased to 37,66±1,45 g (right) and 35,66±3,71 g (left). Follicles with a diameter of 3,5—4,3 cm were found, and in one case, a follicle with a diameter of 6,1 cm corresponding to the preovulatory stage was detected. After foaling, estrous cycles resumed on average 10,32±0,64 days postpartum. The average duration of the estrous cycle was 18,90±1,23 days. Single estrus was observed in 60 % of mares, double estrus in 28,1 %, and triple estrus in 11,4 %. The overall pregnancy rate in the herd was 76,31 %.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов, А.Ф. Природно-климатические условия разведения якутских лошадей / А. Ф. Абрамов // Актуальные проблемы животноводства Якутской АССР. — Якутск, 1983. — С. 38—39.

2. Алексеев, Н. Д. Эколого-физиологические особенности якутской лошади / Н. Д. Алексеев, Н. П. Андреев, С. Д. Андреева // Эколого-физиологические особенности животных Якутии. — Новосибирск, 1976. — С. 176—177.

3. Бабичев, В. Н. Нейрогуморальная регуляция овариального цикла / В. Н. Бабичев. — М.: Медицина, 1984. — 240 с.

4. Краткий обзор вопросов разведения якутской лошади в Среднеколымском улусе Республики Саха (Якутия) / И. Е. Винокуров, В. Г. Осипов [и др.] // Иппология и ветеринария. — 2023. — № 4(50). — С. 223—233. DOI 10.52419/2225-1537.2023.4.223-233. EDN PGMHZO.

5. Гончаров, В. П. Профилактика бесплодия лошадей / В. П. Гончаров. — М.: Россельхозиздат, 1984. — 158 с.

6. Животков, Х. И. Основы осеменения лошадей / Х. И. Животиков. — М.: Сельхозгиз, 1952.

REFERENCES

1. Abramov, A. F. Prirodno-klimaticheskie usloviya razvedeniya yakutskih loshadej / A. F. Abramov // Aktual'nye problemy zhivotnovodstva Yakutskoj ASSR. — Yakutsk, 1983. — P. 38—39.

2. Alekseev, N. D. Ekologo-fiziologicheskie osobennosti yakutskoj loshadi / N. D. Alekseev, N. P. Andreev, S. D. Andreeva // Ekologo-fiziologicheskie osobennosti zhivotnyh Yakutii. — Novosibirsk, 1976. — P. 176—177.

3. Babichev, V. N. Nejrogumoral'naya regulyaciya ovarial'nogo cikla / V. N. Babichev. — M.: Medicina, 1984. — 240 p.

4. Kratkij obzor voprosov razvedeniya yakutskoj loshadi v Srednekolymskom uluse Respubliki Saha (Yakutiya) / I. E. Vinokurov, V. G. Osipov, I. V. Alferov [i dr.] // Ippologiya i veterinariya. — 2023. — № 4(50). — P. 223—233. DOI 10.52419/2225-1537.2023.4.223-233. EDN PGMHZO.

5. Goncharov, V. P. Profilaktika besplodiya loshadej / V. P. Goncharov. — M.: Rossel'hozizdat, 1984. — 158 p.

6. Zhivotkov, H. I. Osnovy osemeneniya loshadej / H. I. Zhivotikov. — M.: Sel'hozgiz, 1952.

7. Козло, Н. Е. Воспроизводство животных / Н. Е. Козло. — М.: Колос, 1984. — 224 с.

8. Алферов, И. В. Продуктивные качества и биологические особенности молодняка лошадей якутской породы в разных зонах разведения / И. В. Алферов, Р. В. Иванов // Главный зоотехник. — 2023. — № 7(240). — С. 41—55. DOI 10.33920/sel-03-2307-05. EDN AQKNYI.

9. Паршутин, Г. В. Типы высшей нервной деятельности, их определение и связь с продуктивными качествами животных / Г. В. Паршутин, Т. В. Ипполитова. — Фрунзе: Кыргыстан, 1973. — 72 с.

10. Студенцов, А.П. Ветеринарное акушерство и гинекология / А. П. Студенцов. — М., 1986.

11. Федоров, В. И. Особенности репродуктивной функции лошадей якутской породы и пути повышения их продуктивности: дисс. ...канд. ветер. наук / В. И. Федоров. — М., 2000. — 110 с.

7. Kozlo, N. E. Vosproizvodstvo zhivotnyh / N. E. Kozlo. — M.: Kolos, 1984. — 224 p.

8. Alferov, I. V. Produktivnye kachestva i biologicheskie osobennosti molodnyaka loshadej yakutskoj porody v raznyh zonah razvedeniya / I. V. Alferov, R. V. Ivanov // Glavnyj zootekhnik. — 2023. — № 7(240). — P. 41—55. DOI 10.33920/sel-03-2307-05. EDN AQKNYI.

9. Parshutin, G. V. Tipy vysshej nervnoj deyatel’nosti, ih opredelenie i svyaz’ s produktivnymi kachestvami zhivotnyh / G. V. Parshutin, T. V. Ippolitova. — Frunze: Kyrgystan, 1973. — 72 p.

10. Studencov, A. P. Veterinarnoe akusherstvo i ginekologiya / A. P. Studencov. — M., 1986.

11. Fedorov, V. I. Osobennosti reproduktivnoj funkcii loshadej yakutskoj porody i puti povysheniya ih produktivnosti: diss. ...kand. veter. nauk / V. I. Fedorov. — M., 2000. — 110 p.

УДК: 636.5.033
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.285

ВЛИЯНИЯ ФИТОПРОБИОТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Козырев С. Г.[1] — д-р биол. наук, дир. (ORCID 0000-0001-8857-9587); **Глинушкин А. П.**[2] — акад., д-р с.-х. наук, проф. РАН (ORCID 0000-0002-1757-0347); **Хацаева Р. М.**[3] — д-р биол. наук, доц., вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-1009-9425); **Шаипов А. А.**[4] — ветеринарный врач (ORCID 0009-0001-9391-4957); **Кастуев И. Б.**[1] — канд. с.-х. наук, лаборант-исследователь (ORCID 0009-0007-0149-6844); **Парфентьев А. И.**[1] — асп. (ORCID 0009-0006-4430-9781).

[1]Северо-Кавказского научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства — филиала Владикавказского научного центра Российской Академии Наук.

[2]Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН.

[3]Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН.

[4]ГБУ г. Москвы «Московское объединение ветеринарии».

*soslan-k72@mail.ru.

Ключевые слова: *Биохимический профиль, цыплята-бройлеры, фитобиотики, эхинацея пурпурная, Субтилис-С.*

Key words: *Biochemical profile, broiler chickens, phyto biotics, Echinacea purpurea, Subtilis-C.*

Поступила в редакцию / Received: 20.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *С целью регуляции обмена веществ в птицеводстве предлагается широкий выбор различных методов и способов. Особое внимание обращено на препараты и кормовые добавки, получаемые на основе фитобиотиков. В этой связи целью настоящих исследований являлось изучение эффективности влияния экстракта эхинацеи пурпурной (Echinácea purpúrea) в комбинации с пробиотическим препаратом Субтилис-С на биохимические показатели сыворотки крови у цыплят-бройлеров. Исследования проводились на цыплятах бройлерах кросса Кобб-50 в два научно—производственных опыта в условиях Республики Северная Осетия—Алания. В первом научно—производственном опыте установлена оптимальная доза введения в рацион экстракта эхинацеи пурпурной, во втором — изучена эффективность комбинирования экстракта эхинацеи с пробиотическим препаратом Субтилис-С. В ходе второго научно—производственного опыта установлено уменьшение содержание в сыворотке крови холестерола на 27,23 % или 0,61 моль/л (P ≤0,05), что может являться предупреждающим фактором избыточного отложение жира, при этом применение испытуемых препаратов сопровождается достоверным ростом содержания глюкозы на 7,23 % (P≤0,05), аспартатаминотрансферазы (АсАт) и аланинаминотрансферазы (АлАт) до 9,73 % и 7,17 %, соответственно, В ходе проведенного эксперимента показано, что совместное использование изучаемого фитопробиотического комплекса оказывает положительное влияние на биохимический профиль сыворотки крови и, в целом, на процессы обмена веществ у цыплят бройлеров, а также способствует формированию товарных качеств тушки. Оптимальной дозой и режимом для цыплят—бройлеров является введение экстракта эхинацеи пурпурной в дозе 5,5 мг/кг массы тела в комбинации с пробиотиком Субтилис-С в дозе для предстартовых и стартовых кормов — 0,3 кг/т.; и финишных кормов — 0,15 кг/т.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Свойства и биохимический состав сыворотки крови являются достоверными индикаторами, для мониторинга физиологического состояния птицы адаптивных возможностей ее организма, показателем эффективности и целесообразности применения тех или иных технологических приемов выращивания. Биохимический профиль крови позволяют с высокой достоверностью прогнозировать продуктивные показатели и рентабельность производства мяса бройлеров. Даже незначительные сдвиги функционального характера, стресс-факторы токсического, алиментарного или техногенного происхождения находят свое отражение в изменении биохимических показателей крови. В результате биохимический профиль крови имеет большое диагностическое значение, позволяющий объективно оценить эффективность проводимых мероприятий при выращивании сельскохозяйственной птицы, в особенности при использовании современных интенсивных промышленных технологий в мясном птицеводстве [1—3]. С целью регуляции биохимического профиля в птицеводстве предлагается достаточно широкий спектр различных приемов, в числе которых важная роль принадлежит комплексным кормовым добавкам. Установлено,

что комплексные добавки, состоящие из витаминно-минеральных и пробиотических компонентов, благодаря синергетическому эффекту оказывают положительное влияние на течение обменных процессов и биохимический гомеостаз крови у цыплят-бройлеров [4—6]. Особое внимание в качестве средств, направленных на нормализацию и поддержание биохимического статуса организма и регуляцию обмена веществ в целом, в последние годы обращается на препараты и кормовые добавки, получаемые на основе лекарственных растений, или как их принято называть — фитобиотиков. Результаты исследований, представленные в отечественной и зарубежной литературе, свидетельствуют о способности фитобиотиков проявляя высокие антиоксидантные и противомикробные свойства ускорять процессы роста, регулировать течение метаболических процессов и в целом гомеостатические параметры организма [10, 11].

Будущее фитобиотиков в животноводстве и птицеводстве безусловно выглядит многообещающим, однако, остро стоят вопросы разработки рецептур фитобиотических препаратов, методов доставки действующих веществ лекарственных растений к клеткам-мишеням для получения максимального эффекта от их использования. Актуальны работы в области изучения возможной комбинации совместного применения фитобиотиков с традиционными кормовыми добавками. Исследование в этих направлениях позволят расширить потенциал возможностей использовании фитобиотических средств, а также открыть путь к более экологичным и эффективным методам в животноводстве и птицеводстве [7, 21].

Целью настоящих исследований являлось определение биохимического профиля крови у цыплят-бройлеров на фоне использования экстракта эхинацеи пурпурной в комплексе с пробиотиком Субтилис-С.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Для проведения исследований были организованы и проведены два научно-хозяйственных и два балансовых опыта. Местом проведения исследований являлась учебно-производственная ферма и кафедра ветеринарной медицины и ветеринарно-санитарной экспертизы Горского ГАУ. Объектом исследований являлись цыплята-бройлеры кросса Кобб-500. Для проведения экспериментальной части работы сформировали четыре группы цыплят-бройлеров в каждой по 50 голов. Кормление и поение птицы проводили групповым способом, согласно рекомендациям ВНИТП (2013) [19]. Выращивание птицы осуществляли в соответствии с производственными стандартами — 42 дня. Способ содержания цыплят-бройлеров был напольный. Проведение эксперимента и кормление птицы в ходе обоих научно-производственных опытов проводилось по схеме, представленной в таблице 1. Биохимические показатели сыворотки крови устанавливались в двух научно-производственных экспериментах. Первый научно-производственного эксперимент был направлен на определение оптимальной дозы введения экстракта эхинацеи пурпурной в рацион цыплят-бройлеров с учетом его влияния на биохимические показатели крови. В ходе второго научно-производственного эксперимента установили эффективность комбинированного использования экстрактом эхинацеи пурпурной с пробиотическим препаратом Субтилис-С на биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров. Дозы экстракта эхинацеи пурпурной для цыплят-бройлеров рассчитывали по основным биологически активным соединениям в соответствии с рекомендациями В. А. Тутельяна [18].

Забор крови проводили в утреннее время в 42-дневном возрасте. Взятие крови проводилось у 5 типичных голов из каждой группы, кровь брали из подкрыльцовой вены, стабилизировали гепа-

Таблица 1 — Схема выполнения научно-хозяйственных опытов

Table 1 — Scheme for conducting scientific and economic experiments

1-й научно-производственный опыт	
Группа	**Рацион**
Контрольная	Основной рацион (ОР)
1 опытная	ОР+экстракт эхиноцеи пурпурной в дозе 3,5 мг/кг массы тела
2 опытная	ОР+экстракт эхиноцеи пурпурной в дозе 5,5 мг/кг массы тела
3-опытная	ОР+экстракт эхиноцеи пурпурной в дозе 7,5 мг/кг массы тела
2-й научно-производственный опыт	
Группа	**Рацион**
Контрольная	Основной рацион (ОР)
1 опытная	ОР+ СУБТИЛИС-С в дозе для предстартовых и стартовых кормов — 0.3 кг/тонну; в финишных — 0,15 кг/т.
2 опытная	ОР+экстракт эхиноцеи пурпурной в дозе 5,5 мг/кг массы тела
3-опытная	ОР+экстракт эхиноцеи пурпурной в дозе 5,5 мг/кг массы тела + СУБТИЛИ-С в дозе для предстартовых и стартовых кормов – 0.3 кг/тонну; в финишных — 0,15 кг/т.

рином. Определение биохимических показателей крови проведены в соответствии со стандартными методиками [20]. Полученные данные обрабатывали, используя пакет программ Statsoft Statistica 8.0 и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Уровень глюкозы в сыворотке крови является маркером, отражающим характер углеводного обмена и позволяющим прогнозировать продуктивность цыплят-бройлеров. Высокая интенсивность углеводного обмена положительно коррелирует с набором живой массы и является метаболической основой для реализации генетического потенциала продуктивности у цыплят-бройлеров.

В результате первого научно-производственного опыта наибольшее количество глюкозы в крови установлено у цыплят бройлеров 2 и 3 опытных групп, составившее 50,52±0,82 моль/л, и 50,34±0,75 моль/л соответственно, у аналогов контрольной группы этот показатель составлял 48,81±0,52 моль/л. Следовательно, введение экстракт эхинацеи пурпурной в рацион цыплят-бройлеров сопровождается ростом содержания глюкозы в сыворотке крови на 4,86 % при дозировке 5,5 мг/кг массы тела (2-я опытная группа) и на 4,48% при повышении дозировки до 7,5 мг/кг массы тела (3-я опытная группа). При введении в ОР экстракта эхиноцеи пурпурной в дозе 3,5 мг/кг массы тела (1-я опытная группа), содержание глюкозы в сыворотке крови составило 49,05±0,37 моль/л, что на 4,91 % больше сравнении с контрольной группой, однако данные различия оказались статистически не достоверны. Совместное использование растительного экстракта и пробиотика сопровождалось более существенным ростом уровня глюкозы в сыворотке крови. Так в ходе второго научно-производственного опыта содержание глюкозы в крови цыплят-бройлеров 3 группы достигал 52,34±0,54 моль/л, что на 7,23 % ($P \leq 0,05$) больше контроля, при самостоятельном использование пробиотика Субтилис-С содержание глюкозы составило 51,35±0,81 моль/л, что на 5,2 % больше контроля ($P \leq 0,05$).

Содержание холестерола крови важный критерий отражающий уровня и характера жирового обмена [12]. Следует отметить, что у всех исследуемых групп цыплят-бройлеров, установленные значения содержания холестерола сыворотке крови в обоих научно-производственных опытах находились в пределах референтных значений. В то же время в ходе первого научно-производственного опыта установлено влияние экстракта эхинацеи на содержание холестерола, так его содержание у 1, 2 и 3 опытных групп составило 2,57±0,04 моль/л, 2,51±0,08 моль/л и 2,54±0,07 моль/л соответственно, а у контрольной 2,85±0,02 моль/л. Таким образом введение экстракта эхиноцеи способствовало снижению холестерола в сыворотке крои на 10,89% у 1 опытной группы, 13,55 % и 12,20 % у 2 и 3 опытных групп ($P \leq 0,05$). Во втором научно-производственном опыте в результате ввода в ОР пробиотика Субтилис-С (1 опытная группа) снижение холестерола сыворотки крови составило 2,70±0,15 моль/л, что на 5,56% меньше контроля. В свою очередь, снижение содержания холестерола приобретает более заметные значения при совместном использовании пробиотика и экстракта эхинацеи. При такой комбинации уровень холестерола не превышал 2,24±0,71 моль/л, что достоверно меньше, в сравнении с аналогами контрольной группы на 27,23% ($P \leq 0,05$) (табл. 2). Полученные результаты согласуются с аналогичными исследованиями содержания холестерола у цыплят-бройлеров при использовании фитобиотических комплексов Krauze M (2021 г.) Как указывают авторы использование фитобиотических средств приводит к падению концентрации холестерина с одновременным благоприятным влиянием на метаболический профиль птицы [17] В целом, фактические результаты, полученные в ходе проведенных двух научно-производственных опытов, свидетельствуют то замет-

Таблица 2 — Биохимические показатели крови цыплят бройлеров, (n=7)

Table 2 — Biochemical blood parameters of broiler chickens, (n=7)

Показатели	Группы			
	Контрольная	1-опыт	2-опыт	3-опыт
1-й научно-производственный опыт				
Глюкоза, моль/л	48,81±0,52	49,05±0,37	50,52±0,82	50,34±0,75
Холестерол, моль/л	2,85±0,02	2,57±0,04	2,51±0,08	2,54±0,07
АсАТ, Ед/л	128,24±0,51	123,74±0,42	123,26±0,71	123,50±0,45
АлАТ, Ед/л	5,15±0,84	4,84±0,45	4,54±0,62*	4,71±0,55
2-й научно-производственный опыт				
Сахар, моль/л	48,81±0,52	51,35±0,81	50,52±0,82*	52,34±0,54
Холестерол, моль/л	2,85±0,02	2,70±0,15	2,51±0,08*	2,24±0,71*
АсАТ, Ед/л	128,24±0,51	121,51±0,45	123,25±0,71*	120,54±0,82*
АлАТ, Ед/л	5,15±0,84	4,27±0,77	4,54±0,62*	4,18±0,46*

Примечание: ** $P \leq 0,05$ относительно группы контроля*

ном влиянии изучаемого экстракта на уровень углеводного и жирового обменов, при этом экстракт эхиноцеи весьма эффективно дополняет желаемое действие пробиотика. Кроме того, за счет снижения уровня холестерола, предлагаемая комбинация препаратов способствует получению тушек без признаков ожирения, что способствует сохранению пищевых и товарных качеств формируемых тушек. О положительном влиянии фито-пробиотических комплексов на углеводный обмен и жировой обмен указывается в работах Мирошниковой Е. П. и др. (2020), авторы отмечают повышение содержания глюкозы и снижение уровня холестерина при совместном использовании в кормлении цыплят-бройлеров пробиотика с экстрактом коры дуба [8].

Важным показателем оценки физиологического-биохимического статуса цыплят-бройлеров является содержание аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и аланинаминотрансферазы (АлАТ). Уровень содержания этих ферментов служит индикатором состояния паренхиматозных органов и обмена веществ в целом. Известно, что рост активности АсАТ можно рассматривать как результат дистрофических процессов в сердечной мышце и печени, в свою очередь рост активности АлАТ свидетельствует о повреждениях в мембранном аппарате гепатитов [9, 13]. В 1-ом научно-производственном опыте наибольшие значения АсАТ установлены у цыплят-бройлеров контрольной группы, составляя 128,24±0,51 Ед/л. У цыплят бройлеров 1, 2 и 3 опытных групп этот показатель составил 123,74±0,42 Ед/л, 123,26±0,71 Ед/л и 123,50±0,45 Ед/л, что достоверно ниже в сравнении с контролем на 3,64%, 4,04% и 3,84% соответственно (P<0,5).

Во втором научно-производственного опыте наибольшее содержание АсАТ также установлено у цыплят бройлеров контрольной группы. В тоже время при самостоятельном использование пробиотика Субтилис-С, содержание АсАТ составило 121,51±0,45 Ед/л, что на 5,54 % меньше контроля, а при его комбинации с экстрактом эхинацеи уровень АсАТ понизился до 120,54±0,82 Ед/л, что на 6,39% меньше, чем у контрольной группы (P<0,05).

Аналогичная картина наблюдалась и по содержанию АлАТ, так в первом научно-производственном опыте его содержания у цыплят контрольной группы составило 5,15±0,84 Ед/л, а у цыплят 1, 2 и 3 опытных групп 4,24±0,45 Ед/л, 4,54±0,62 Ед/л и 4,71±0,55 Ед/л, соответственно. Таким образом, введение в ОР экстракта эхинацеи в дозе 3,5 мл/л (1 опытная группа) привело к снижению АлАТ на 6,40 %, а при повышении дозировании экстракта до 5,5 и 7,5 мл/л (2 и 3 опытные группы) уровень АлАТ достоверно снижался в сравнении с контролем на 14,19% и 9,34% соответственно (P ≤0,05). Во втором научно-производственном опыте отмечается при самостоятельном введение пробиотика в ОР (1 опытная группа) уровень АлАТ составил 4,27±0,77 Ед/л, что на 20,61% меньше, чем у контроля (P ≤0,05). Таким образом отмечается способность пробиотиков снижать содержание АлАТ. О падении содержания АлАт при совместном использовании пробиотических ферментных препаратов сообщается в исследованиях Касанова Н. Р. и др. (2022 г.) [14]. По данным Кишнякина Е. А. и Жучаева К. В. (2017 г.) введение пробиотиков Зоовестин и Сиб-МОСплюс, приводит к росту содержания АлАТ у цыплят бройлеров до 22 суточного возраста, а затем к 42 суточному возрасту его содержание падает [9]. В дальнейшем, в ходе второго научно-производственного опыта при анализе результатов совместного использования пробиотика и экстракта эхинацеи (3 опытная группа) установлены наиболее существенные различия содержания АлАТ в сравнении с контрольными аналогами. Так содержание АлАТ у цыплят 3 опытной группы составило 4,18±0,46 Ед/л, что на 23,21 % меньше, чем у контрольной группы (табл. 2). В целом установленный уровень АсАТ и АлАТ не выходил за рамки референтных значений, однако их повышение у контрольной группы может рассматриваться как признака латентно развивающихся дистрофических процессов в печени. В то же время снижение уровня АсАТ и АлАТ к 42 суточному возрасту является свидетельством метаболической стабильности печени. На улучшение физиологического и морфологического состояния печени при использовании пробиотиков, а также их гепатопротекторные свойства указывается M. Thenmozhi (2019 г.) [15]. Полученные нами результаты согласуются с исследованиями Derakhshan M. et al. (2023 г.), по данным авторов добавление пробиотика и фитазы приводило к снижению в крови уровня холестерина, аспартат-трансферазы, аланинамитрасферазы и щелочной фосфатазы [16]. Снижение ферментов печени в циркулирующей крови свидетельствует о отсутствии повреждений в ее паренхиме на фоне приема пробиотиков, при этом как показывают полученные результаты экстракт эхиноцеи пурпурной эффективно дополняет эти свойства пробиотика.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Таким образом, настоящими исследованиями было установлено положительное влияние фитопробиотического комплекса в составе экстракта эхинацеи пурпурной и пробиотика Субтилис-С на отдельные биохимические показатели сыворотки крови цыплят-бройлеров, проявившиеся в достоверном росте содержания глюкозы на 7,23 % (P≤ 0,05), аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы на 9,73 % и 7,17 %, соответственно и снижении содержания холестерола на 10,0 % (P<0,05). Полученные результаты биохимического профиля сыворотки крови свидетельствуют о том, что для нормального течения обмена веществ с учетом интенсивной технологии выращивания цыплят-бройлеров и реализации биологического потенциала продуктивности, следует вводить экстракт эхинацеи пурпурной в дозе 5,5 мг/кг массы тела в комплексе с пробиотиком Субтилис-С в дозе для предстартовых и стартовых кормов — 0,3 кг/тонну; в финишных — 0,15 кг/т.

EFFECTS OF PHYTOPROBIOTIC COMPLEXES ON THE BIOCHEMICAL PROFILE OF CHICKEN BROILER SERUM

Kozyrev S. G.[1] — Dr. of Biological Sciences, Director (ORCID 0000-0001-8857-9587); **Glinushkin A. P.**[2] — Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Agricultural Sciences (ORCID 0000-0002-1757-0347); **Khatsaeva R. M.**[3] — Dr. of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-1009-9425); **Shaipov A. A.**[4] — Veterinarian (ORCID 0009-0001-9391-4957); **Kastuev I. B.**[1] — Candidate of Agricultural Sciences Research Assistant (ORCID 0009-0007-0149-6844); **Parfentiev A. I.**[1] — Graduate student (ORCID 0009-0006-4430-9781).

[1]North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture, a branch of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

[2]Zelinsky Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences.

[3]A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution Problems of the Russian Academy of Sciences.

[4]Moscow City Veterinary Association.

*soslan-k72@mail.ru.

ABSTRACT. *In order to regulate metabolism in poultry farming, a wide range of different methods and methods are offered. Special attention is paid to preparations and feed additives obtained on the basis of phytobiotics. In this regard, the purpose of these studies was to study the effectiveness of the effect of Echinacea purpurea extract in combination with the probiotic drug Subtilis-C on the biochemical parameters of blood serum in broiler chickens. The research was conducted on Cobb-50 broiler chickens in two scientific and production experiments in the Republic of North Ossetia-Alania. In the first scientific and production experiment, the optimal dose of administration of echinacea purpurea extract into the diet was established, in the second, the effectiveness of combining echinacea extract with the probiotic Subtilis-C was studied. During the second scientific and production experiment, a decrease in serum cholesterol by 27,23 % or 0,61 mol/l (P<0,05) was found, which may be a warning factor of excessive fat deposition, while the use of the tested drugs is accompanied by a significant increase in glucose by 7,23 % (P<0,05), aspartate aminotransferase (AsAt) and alanine aminotransferase (AlAt) up to 9,73 % and 7,17 %, respectively, During the experiment it was shown, It is shown that the combined use of the phytoprobiotic complex under study has a positive effect on the biochemical profile of blood serum and, in general, on the metabolic processes in broiler chickens, and also contributes to the formation of marketable carcasses. The optimal dose and regimen for broiler chickens is the administration of Echinacea purpurea extract at a dose of 5,5 mg/kg body weight in combination with the probiotic Subtilis-C at a dose of 0,3 kg/ton for pre-start and starter feeds; and 0,15 kg/ton for finishing feeds.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Талдыкина А. А., Семенютин В. В. Динамика морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров при использовании комплекса органических кислот // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 246. № 2.С. 214—221.

2. Мафуо Сонхафуо В., Кана Дж. Р., Нгуэпи Донгмо К. Влияние различных доз масла из семян Azadirachta indica на рост и биохимические показатели цыплят—бройлеров. Vet Med Sci. 2019 Aug;5(3):442—450. DOI: 10.1002/vms3.162.

3. Абудабос А. М., Алиемни А. Х. и др. (2017). Влияние фитогенных препаратов на показатели роста, биохимический состав крови и гистологию кишечника у цыплят-бройлеров, заражённых *Clostridium perfringens*. Журнал прикладных исследований в области животноводства, 46(1), 691—695. DOI: 10.1080/09712119.2017.1383258.

4. Исследование биохимических показателей сыворотки крови цыплят-бройлеров, выращенных с применением комплексной кормовой добавки / Р. В. Казарян, М. В. Лукьяненко, А. С. Бородихин [и др.] // Новые технологии. — 2018. — № 4. — С. 209—215.

5. Трушина, Л. Н. Биохимические показатели крови цыплят при применении кормовой добавки / Л. Н. Трушина, Л. Ю. Топурия, Г. М. Топурия // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : сборник научных статей

REFERENCES

1. A. Taldykina. A. N., Semenyutin V. N. V. Dynamics of morphological and biochemical parameters of blood of broiler chickens using a complex of organic acids // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. N. Bauman. 2021. 246. № 2.St. 214—221.

2. V. Mafuo Sonhafuo, Kana J. Ph., Nguepi Dongmo K. N. The effect of various doses of Azadirachta indica seed oil on the growth and biochemical parameters of broiler chickens. Vet Med Sci. 2019 Aug;5(3):442—450. DOI: 10.1002/vms3.162.

3. A. Abudabosa, M. N., Aliemni, A. N., H. N., R. Dafalla, M. N., and R. Khan, U. N. (2017). The effect of phytogenic drugs on growth rates, blood chemistry, and intestinal histology in broiler chickens infected with Clostridium perfringens. Journal of Applied Research in Animal Husbandry, 46(1), 691—695. DOI: 10.1080/09712119.2017.1383258.

4. Research of biochemical parameters of blood serum of broiler chickens raised using a complex feed additive / R. N. V. N. Kazaryan, M. N. V. N. Lukyanenko, A. N. St. Borodikhin [et al.] // New technologies. — 2018. — No. 4. — St. 209—215.

5. Trushina, L. N. N. Biochemical parameters of chicken blood when using feed additives / L. N. N. Trushina, L. N. Yu. N. Topuria, Gr. M. N. Topuria / / Innovative technologies in agriculture, veterinary medicine and the food industry : a collection of scientific articles based

по материалам 87-й международной научно-практической конференции«Аграрная наука — Северо-Кавказскому федеральному округу», Ставрополь, 20 мая 2022 года. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2022. — С. 113—116.

6. Корнилова, В. А. Комплексный пробиотик в рационах цыплят-бройлеров / В. А. Корнилова, Х. З. Валитов, А. Т. Варакин // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Кинель, 28 февраля — 03 2022 года. — Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2022. — С. 165—171.

7. Ивински Х., Вудз К., Ходковска К., Новак Т., Розански Х. Оценка противомикробного действия смеси фитобиотиков наSalmonella spp., выделенных у цыплят—бройлеров. Антибиотики. 2022;11(7):868.

8. Эффективность комплексного применения пробиотического препарата Соя-бифидум с растительным экстрактомв кормлении цыплят-бройлеров / Е. П. Мирошникова, О. В. Кван, Е. В. Шейда, Ш. Г. Рахматуллин // Животноводство и кормопроизводство. — 2020. — Т. 103, № 4. — С. 186—196. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-186.

9. Кишняйкина, Е. А. Влияние биологически активных добавок на физиологический статус организма и продуктивность цыплят-бройлеров / Е. А. Кишняйкина, К. В. Жучаев // АПК России. — 2017. — Т. 24, № 5. — С. 1267—1274. EDN ZXVRJJ.

10. Обианвуна У. Э., Чанг С., Олефорух—Окелех В. У., Ону П. Н., Чжан Х., Цю К., Ву С. Фитобиотики в птицеводстве: революция в питании бройлеров с помощью растительных средств для поддержания здоровья кишечника. J Anim Sci Biotechnol. 2024 Dec 9;15(1):169. DOI: 10.1186/s40104-024-01101-9.

11. Ивинский Х., Ходковска К. А., Драбик К. и др. Влияние смеси фитобиотиков на здоровье цыплят-бройлеров и безопасность мяса. Animals (Базель). 2023 30 июня; 13 (13): 2155. DOI: 10.3390/ani13132155.

12. Колесник, Е. А. Об участии холестерола, прогестерона, кортизола и липопротеинов в возрастных изменениях обмена веществ у цыплят-бройлеров промышленного кросса / Е. А. Колесник, М. А. Дерхо // Сельскохозяйственная биология. — 2017. — Т. 52, № 4. — С. 749—756.

13. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов / Н. В. Садовников [и др.]. Екатеринбург; С.Пб., 2009. 85 с.

14. Изучение влияние ферментативного препарата на рост и показатели крови цыплят бройлеров / Н. Р. Касанова, Л. Р. Валиуллин, Е. Ю. Микрюкова, Е. А. Алишева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. — 2022. — Т. 252, № 4. — С. 99—103. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_99.

15. M. Thenmozhi, S. Sinthiya, M. Premalatha and P. Dhasarathan, 2020. Effect of Probiotics on Digestive Enzymes and Immuno-stimulation in Animal Model (Broilers). Singapore Journal of Scientific Research, 10: 266—273.

16. Derakhshan M, Ghasemian SO, Gholami—Ahangaran M. The effects of probiotic and phytase on growth performance, biochemical parameters and antioxidant capacity in broiler chickens. Vet Med Sci. 2023 Mar;9(2):860—866. DOI: : 10.1002/vms3.1075.

17. Krauze M, Cendrowska-Pinkosz M, Matusevičius P, Stępniowska A, Jurczak P, Ognik K. The Effect of

on the materials of the 87th International Scientific and practical conference «Agrarian Science for the North Caucasus Federal District», Stavropol, May 20, 2022. — Stavropol: Stavropol State Agrarian University, 2022. — St. 113—116.

6. Kornilova, V. N. A. N. Complex probiotic in the diets of broiler chickens / V. N. A. N. Kornilova, H. N. Z. Valitov, A. N. D. Varakin / / Innovative achievements of science and technology of the agroindustrial complex: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference, Kinel, February 28 – 03, 2022. — Kinel: Samara State Agrarian University, 2022. — St. 165—171.

7. H. Ivinsky, K. Woods, Chodkowska, D. Novak, H. Rozanski. Evaluation of the antimicrobial effect of a mixture of nasalmonella spp. phytobiotics isolated from broiler chickens. Antibiotics. 2022;11(7):868.

8. The effectiveness of the complex use of the probiotic preparation Soy—bifidum with plant extract in feeding broiler chickens / E. N. P. N. Miroshnikova, O. N. V. N. Kvan, E. N. V. N. Sheida, Sh.G. N. Rakhmatullin / / Animal husbandry and feed production. — 2020. – D. N. 103, No. 4. — St. 186—196. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-186.

9. Kishnyaikina, E. N. A. N. The influence of biologically active additives on the physiological status of the body and the productivity of broiler chickens / E. N. A. N. Kishnyaikina, K. N. V. N. Zhuchaev // Agroindustrial Complex of Russia. – 2017. — D. N. 24, No. 5. — St. 1267—1274.

10. Obianwuna U. E., Chang S., oleforukh-Okeleh V. U., OU Ph.D., Zhang H., Qiu K., Wu S. Phytobiotics in poultry farming: a revolution in broiler nutrition using herbal remedies to maintain intestinal health. J Anim Sci Biotechnol. 2024 Dec 9;15(1):169. DOI: 10.1186/s40104-024-01101-9.

11. Ivinsky H., khodkovska K. A. et al. The effect of phytobiotic mixtures on the health of broiler chickens and meat safety. Animals (Basel). June 30, 2023; 13 (13): 2155. DOI: 10.3390/ani13132155.

12. Kolesnik, E. A. On the involvement of cholesterol, progesterone, cortisol and lipoproteins in age-related metabolic changes in industrial broiler chickens / E. A. Kolesnik, M. A. Derkho // Agricultural biology. – 2017. — Vol. 52, No. 4. — pp. 749—756. DOI 10.15389/agrobiology.2017.4.749rus.

13. General and special methods of blood testing of birds of industrial crosses / N. V. Sadovnikov [et al.]. Yekaterinburg; Issue Pb., 2009. 85 p.

14. Study of the effect of an enzymatic drug on the growth and blood parameters of broiler chickens / N. R. Kasanova, L. N. R. Valiullin, E. Y. Mikryukova, E. A. Alisheva / / Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. – 2022. — Issue 252, No. 4. —P. 99—103. DOI 10.31588/2413_4201_1883_4_252_99. EDN FESVIN.

15. M. Thenmozhi, S. Sinthiya, M. Premalatha and P. Dhasarathan, 2020. Effect of Probiotics on Digestive Enzymes and Immuno-stimulation in Animal Model (Broilers). Singapore Journal of Scientific Research, 10: 266—273.

16. Derakhshan M, Ghasemian SO, Gholami—Ahangaran M. The effects of probiotic and phytase on growth performance, biochemical parameters and antioxidant capacity in broiler chickens. Vet Med Sci. 2023 Mar;9(2):860—866. DOI: : 10.1002/vms3.1075.

17. Krauze M, Cendrowska-Pinkosz M, Matusevičius P, Stępniowska A, Jurczak P, Ognik K. The Effect of

Administration of a Phytobiotic Containing Cinnamon Oil and Citric Acid on the Metabolism, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens. Animals (Basel). 2021 Feb 4;11(2):399. DOI: 10.3390/ani11020399.

18. Тутельян В. А., Суханов Б. П. Современные подходы к обеспечению качества и безопасности биологически активных добавок к пище в Российской Федерации / // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. № 1. С. 12—19.

19. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению с.-х. птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова — Сергиев Посад: ВНИТИП, 2013. — 52 с.

20. Морфо-биохимические исследования крови у сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие / В. Г. Вертипрахов, Д. А. Ксенофонтов, Е. А. олесник,Н. В. Овчинникова, под ред. В. Г. Вертипрахова; ФГБОУ ВО «Российскийгосударственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева». —Москва: РГАУ—МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022 — 134 с.

21. Букарева Е. А., Лазебник К. С., Рахматуллин Ш. Г. Использование экстракта *Quercus cortex* и хлортетрациклина в рационе бройлеров: переваримость корма, убойные качества бройлеров и содержание химических веществ в организме бройлеров. Международный вестник ветеринарии. 2024;(1):155—165.

Administration of a Phytobiotic Containing Cinnamon Oil and Citric Acid on the Metabolism, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens. Animals (Basel). 2021 Feb 4;11(2):399. DOI: 10.3390/ani11020399.

18. Tutelyan V.A., Sukhanov B.P. Modern approaches to ensuring the quality and safety of biologically active food additives in the Russian Federation // Pacific Medical Journal. 2009. No. 1. P. 12—19.

19. Methodology of scientific and industrial research on poultry feeding / I. A. Egorov, V. A. Manukyan, T. N. Lenkova — Sergiev Posad: VNITIP, 2013. — 52 p.

20. Morpho-biochemical blood tests in poultry: textbook. manual / V. G. Vertiprakhov, D. A. Ksenofontov, E. A. Kolesnik, N. V. Ovchinnikova, edited by V. G. Vertiprakhov; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev». — Moscow: RGAU—MSHA named after K. A. Timiryazev, 2022 — 134 p.

21. Bukareva E.A., Lazebnik K.S., Rakhmatullin Sh.G. The use of Quercus cortex extract and chlortetracycline in the diet: feed digestibility, slaughter traits and the content of chemicals in organism of broilers. International Journal of Veterinary Medicine. 2024;(1):155—165. (In Russ.) DOI:10.52419/issn2072-2419.2024.1.155.

УДК: 636.034:636.082+619
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.292

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *CSN3* И ЕГО СВЯЗЬ С БИОХИМИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ КРОВИ У ГОЛШТИНСКОГО СКОТА

Сафина Н. Ю.* — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1184-3188); **Крупин Е. О.** — д-р. вет. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-8086-1788); **Шакиров Ш. К.** — д-р. с.-х. наук, гл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3362-0463); **Гайнутдинова Э. Р.** — канд. с.-х. наук, науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2970-1500).

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН.

*natysafina@gmail.com.

Ключевые слова: *ген, аллель, биоразнообразие, полиморфизм, CSN3, каппа-казеин, крупный рогатый скот, сыворотка крови, биохимия.*

Key words: *Ygene, allele, biodiversity, polymorphism, CSN3, kappa-casein, cattle, blood serum, biochemistry.*

Финансирование: *работа выполнена по государственному заданию: «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологической и функциональной продукции. Номер регистрации: 125031003428-9».*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Молекулярно-генетические маркеры, такие как полиморфизм гена каппа-казеина (CSN3), являются ключевым инструментом для повышения эффективности селекции молочного скота. Целью данного исследования было изучение полиморфизма гена CSN3 в популяции голштинского скота и оценка его ассоциаций с биохимическими показателями крови, отражающими метаболический статус животных. В исследуемом поголовье (146 гол.) методом ПЦР-ПДРФ определены частоты аллелей (А — 0,651, В — 0,349) и генотипов: АВ (47,9 %; 70 гол.), АА (41,1 %; 60 гол.) и ВВ (11,0 %; 16 гол.). Результаты биохимического анализа по 12 ключевым показателям сыворотки крови статистически обработаны с использованием t-критерия Стьюдента в разрезе идентифицированных генотипов. Выявлены значимые ассоциации полиморфизма CSN3 с биохимическим профилем. Носители аллеля В, особенно с генотипом ВВ, характеризовались достоверно более высоким уровнем показателей белкового обмена (общий белок, альбумины, мочевина, креатинин) и активности ферментов классов аминотрансфераз (АСТ, АЛТ) и гидролаз (щелочная фосфатаза), а также сниженными концентрациями билирубина и глюкозы по сравнению с животными генотипа АА. Полученные данные указывают на более интенсивный метаболизм и эффективную работу печени у коров с аллелем В. Результаты подтверждают плейотропный эффект гена CSN3, связывающий генетический вариант не только с качеством молока, но и с метаболическим профилем организма. Это обосновывает целесообразность использования данного гена в качестве маркера для комплексной оценки и прогноза метаболической адаптации в селекционных программах для голштинского скота. Работа выполнена в рамках государственного задания, регистрационный номер 125031003428-9.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Метаболические процессы лежат в основе формирования уровня молочной продуктивности у крупного рогатого скота. Состав молока (содержание жира, белка, лактозы, минералов и витаминов) в первую очередь определяется генетическими особенностями животного (породой и генотипом по ключевым локусам), а также формируется в результате секреторной активности клеток молочной железы, зависящей от стадии лактации, системы кормления и условий содержания [1, 2]. Таким образом, генетический потенциал, физиологическое состояние и условия содержания оказывают значительное влияние на биохимический профиль животного.

Традиционные методы племенной работы, основанные на фенотипической оценке, имеют ограничения по скорости и точности. Внедрение молекулярно-генетических технологий открывает возможности для ускорения генетического прогресса через маркер-опосредованную (MAS) и геномную селекцию [3, 4].

Среди генетических маркеров продуктивности особое внимание привлекает ген каппа-казеина (*CSN3*), расположенный в кластере генов казеинов на BTA6 [5, 6]. Каппа-казеин играет ключевую роль в формировании и стабилизации казеиновых мицелл, определяя технологические свойства молока, в первую очередь его «сыропригодность» [6].

Наиболее изученными у крупного рогатого скота являются аллели А и В гена *CSN3*. Ген длиной около 13 тыс. п.н. состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Ключевые полиморфные сайты, определяющие аллели А и В, локализованы в экзоне IV [5]. Они представляют собой две несинонимичные олигонуклеотидные замены (SNP), которые приводят к замещению аминокислот в положениях 136 (треонин → изолейцин) и 148 (аспарагиновая кислота) → аланин) в зрелом белке каппа-казеина [7]. Именно эти мутации обуславливают функциональные различия между аллельными вариантами, влияя на такие свойства, как размер мицелл и степень гликозилирования белка, что в конечном итоге сказывается на технологических качествах молока [6].

Установлена значимая ассоциация этих аллелей с хозяйственно-полезными признаками крупного рогатого скота. Аллель В связан с повышенным содержанием белка и жира в молоке, лучшей сыропригодностью, более высокой прочностью сгустка и меньшим временем коагуляции [6, 8, 9], тогда как аллель А чаще коррелирует с большим объемом молочной продуктивности [6, 10-12].

Влияние полиморфизма гена *CSN3* не ограничивается составом и технологическими свойствами молока. Актуальным направлением является изучение его связи с физиологией и метаболизмом животного. Поскольку синтез молочного белка – высокоэнергозатратный процесс, генетические варианты, определяющие синтез казеинов, способны влиять на общий метаболический статус. Это находит отражение на биохимическом профиле крови, который служит интегральным показателем состояния белкового, липидного, углеводного и минерального обменов [13]. Причем как скорость изменения концентрации, так и время нормализации показателей могут быть отчасти объяснены с генетической точки зрения [14]. Таким образом, оценка связи полиморфизма *CSN3* с биохимическими параметрами важна для понимания физиологической основы продуктивности и может быть использована для комплексной оценки здоровья и адаптации животных в селекционных программах.

Несмотря на обширные данные, многие аспекты требуют дальнейшего изучения. Необходимы исследования в конкретных региональных популяциях, особенно в условиях современной российской селекции с активным обменом генетическим материалом [1, 2, 11, 15]. Кроме того, большинство работ посвящено влиянию на молочную продуктивность и качественный состав молока, тогда как связь с биохимическими показателями крови, отражающими метаболический статус, изучена недостаточно.

Целью исследования было изучение полиморфизма гена *CSN3* у голштинского скота, включающее определение его аллелофонда в локальной популяции, сравнительный анализ с другими отечественными и зарубежными породами, а также оценку ассоциаций генотипов с биохимическими показателями крови, отражающими аспекты различных видов обмена веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Работа выполнялась в СХПК «Племенной завод им. Ленина» Атнинского района Республики Татарстан на 146 полновозрастных коровах голштинской породы, 2—3 лактации, входящих в дойное стадо и составляющих племенное ядро, содержащихся в одном коровнике на однотипном рационе. Отбор проб биологического материала для биохимического анализа осуществлялся в осенне-зимний период в разгар лактации (≈ 60 день) в вакуумные пробирки «Z», содержащий Serum Clot Activator, а для генетических тестов – «K3E» с EDTA (APEXLAB, Китай). Для определения биохимического статуса опытных животных были проведены исследования сыворотки крови по показателям белкового, липидного, углеводного, и минерального обмена. Биохимический анализ сыворотки крови проводился «ВетТест» и ГБУ «Республиканская ветеринарная лаборатория» (Россия) по общепринятым методикам. Генотипирование полиморфизма гена CSN3 проводилось методом ПЦР-ПДРФ с использованием набора праймеров (Евроген, Россия) и эндонуклеазы рестрикции Hinf I (СибЭнзим, Россия) [7] в модифицированных температурно-временных режимах [16]. Визуализацию и документирование идентифицированных фрагментов реакции выполняли на оборудовании «GelDoc Go» с программным обеспечением «Image Lab Touch» V. 3.0 (BIO RAD, США).

Для оценки соответствия между наблюдаемым и ожидаемым распределением использовали критерий хи-квадрат Пирсона (χ^2):

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e},$$

где fo – наблюдаемая частота генотипа, fe – ожидаемая частота генотипа. Проверку на генетическое равновесие в популяции согласно закону Харди-Вайнберга:

$$q^2 + 2qp + p^2 = 1,$$

где q^2 — доля гомозигот по одному из аллелей, q — частота этого аллеля, p^2 — доля гомозигот по альтернативному аллелю, p — частота соответствующего аллеля, 2qp — доля гетерозигот (Меркурьева Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. — М. : Колос, 1983. — 400 с. — (Учеб. и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

Для сравнения биохимических параметров сыворотки крови между группами, сформированными по выявленному генотипу *CSN3*, применяли критерий t-Стьюдента для независимых выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION. Генетическое тестирование 146 голов скота подтвердило полиморфность локуса *CSN3*, представленного двумя аллелями (А и В) и тремя генотипами (АА, АВ, ВВ). В изученной популяции частоты аллелей составили А — 0,651 и В — 0,349. Распределение генотипов было следующим: гетерозиготный АВ — 47,9 % (70 гол.), гомозиготный АА — 41,1 % (60 гол.) и гомозигот-

ный ВВ — 11% (16 гол.). Результат теста хи-квадрат (χ^2 = 0,44) при критическом значении 5,9 свидетельствует о том, что популяция находится в состоянии генетического равновесия, соответствуя закону Харди-Вайнберга [9].

Как показывают многочисленные исследования, частотные распределения *CSN3* существенно варьируют в зависимости от породы, региона разведения и направленности селекции [6, 10, 16]. В высокопродуктивных молочных породах, подверженных интенсивной селекции, наблюдается тенденция к увеличению частоты аллеля В. Например, у голштинских коров наиболее распространен гетерозиготный генотип АВ (46,7 %) [12]. Исследование самарского типа черно-пестрой породы также подтверждает, что гетерозиготный генотип АВ является самым распространенным (50,6—57,3 %), а гомозиготный ВВ — редко встречающимся (4,0—9,4 %). При этом было установлено, что животные с генотипом ВВ характеризовались максимальным содержанием жира и белка в молоке [1]. Полученные данные согласуются с результатами по черно-пестрому скоту, у которого частота аллеля В находится на сходном уровне – от 0,225 до 0,230, при этом гомозиготный генотип ВВ встречается редко, в пределах 3,0—8,8 % [6, 17]. В целом для голштинского и черно-пестрого скота различных стран характерна высокая гомозиготность по аллелю А и его преобладание [3, 11].

У аборигенного и местного скота зарубежных стран наблюдается значительно более низкая частота аллеля В. Например, данные по местному скоту Турции (породы Диярбакыр, Конья, Маниса) демонстрируют сходную картину: частоты аллелей составляют А — 0,783 и В — 0,217, а среди генотипов доминирует АА (62,0 %) при низкой доле ВВ (5,0 %) [5]. Еще более выраженное доминирование аллеля А (0,910) отмечено у пакистанской породы Тарпаркар, где генотип ВВ вовсе не обнаружен [10]. Аналогичная тенденция зафиксирована у индийских пород Гир и Мулки, где частоты аллеля В составляют всего 0,170 и 0,110 соответственно [4]. В Эфиопии у местного аборигенного скота также преобладает аллель А с частотой 0,650, тогда как у помесных животных заметно выше частота аллеля В (0,510) и гетерозиготного генотипа АВ (81,0 %), что, вероятно, является следствием метизации с улучшенными породами [8].

Межпородные различия хорошо прослеживаются и внутри российской селекции. У красной степной породы доминирует гомозиготный генотип АА (62,3 %) [12], равно как и у породы Сибирячка — 71,0 %, тогда как частота генотипа ВВ у представителей данной породы остается низкой (2,3 %) [2].

Таким образом, анализ полиморфизма гена *CSN3* выявляет четкую дифференциацию аллелофонда. В аборигенных и некоторых местных породах устойчиво доминирует аллель А, а генотип ВВ встречается редко или отсутствует. В специализированных молочных породах, особенно голштинской, в результате направленной селекции значительно повышены частота аллеля В и гетерозиготного генотипа АВ.

Изучая различные факторы транскрипции, можно улучшить метаболизм скота, повысить его продуктивность, улучшить здоровье животных и качество получаемого от них сырья, причем не важно, о молочном или мясном скотоводстве идет речь, это одинаково относится к обеим отраслям, а также продуктов питания в целом [18].

Биохимический анализ сыворотки крови, проведенный в разрезе генотипов гена *CSN3*, выявил достоверные различия в ряде показателей (табл. 1).

Белковые показатели являются важным индикатором для оценки протеинового питания и общего обмена. Уровень общего белка демонстрирует значимую корреляцию с продуктивностью [19]. В нашем исследовании концентрация общего белка у коров с генотипами АВ и ВВ была достоверно выше, чем у АА, на 4,07 г/л (4,72 %, $p<0,001$) и 4,81 г/л (5,58 %, $p<0,001$), соответственно.

Уровень альбуминов у животных с генотипом ВВ значимо превышал показатели группы АА на 4,35 г/л (10,74 %, $p<0,001$), а группы АВ — на 3,47 г/л (8,38 %, $p<0,01$).

Однако, для правильной интерпретации результатов исследований, направленных на установление уровней сывороточных белков как потенциальных индикаторов благополучия животных необходимо учитывать и негенетические факторы [20]. Ген *CSN3*, имеет положительную корреляцию с уровнем мочевины, однако исследователи обращают внимание на его ассоциации с уровнем изучаемого метаболита в молоке, нежели в крови [21]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что, максимальный уровень данного показателя был характерен для группы ВВ, достоверно превышая показатели АА и АВ на 1,71 ммоль/л (20,07 %, $p<0,001$) и 1,00 ммоль/л (11,74 %, $p<0,001$).

У высокопродуктивных дойных коров, особенно голштинской породы, в силу генетической предрасположенности к высокой молочной продуктивности, чаще наблюдаются метаболические нарушения, особенно в переходный и послеродовой периоды. Активности как аспартатаминотрансферазы (АСТ) так и аланинаминотрансферазы (АЛТ), дают ценную информацию о работе печени, энергетическом обмене и общем состоянии организма [22]. Так, показатель АСТ у коров с генотипом ВВ была достоверно выше, чем у АА и АВ, на 42,69 Е/л (25,04 %, $p<0,001$) и 35,01 Е/л (20,54 %, $p<0,001$). АЛТ у животных с генотипом ВВ также была выше, чем у АА, на 3,81 Е/л (11,21 %, $p<0,001$), а у гетерозигот АВ она превышала показатель группы АА на 2,37 Е/л (7,28 %, $p<0,01$). Вероятно, существует наследственная обусловленность различной активности данных ферментов. Остается открытым вопрос о значительной роли, которую могут играть сложные генетические взаимодействия (неаддитивные эффекты) и общие условия среды [23].

Повышенный уровень креатинина у коров с генотипом ВВ (на 12,69 мкмоль/л (14,10 %, p<0,001) и 10,95 мкмоль/л (12,16 %, p<0,001) выше, чем у АА и АВ, может указывать на более высокую интенсивность азотистого обмена. Полученные данные согласуются с результатами исследований на других породах, где животные с генотипами АВ и ВВ гена *CSN3* также характеризовались более высоким белковым статусом [24].

Концентрация билирубина используется для оценки функционального состояния печени. В нашем исследовании уровни общего и прямого билирубина у животных с генотипом ВВ были достоверно ниже по сравнению с группами АА и АВ. Общий билирубин был ниже на 1,45 мкмоль/л (18,83 %, p<0,001) и 1,47 мкмоль/л (19,04 %, p<0,001), а прямой билирубин – на 0,51 мкмоль/л (21,16 %, p<0,001) и 0,78 мкмоль/л (29,10 %, p<0,001), соответственно. Учитывая полученную нами динамику, можно констатировать высокую роль аллеля А в формировании значений данного показателя. Основываясь на более ранних значимых результатах авторов, относительно вклада аллеля А в формировании больших значений молочной продуктивности [25] отметим, что выявленные нами статистически значимые закономерности согласуются с результатами M. Katica и др. (2024), которые сообщали, что низкая концентрация общего билирубина прямо взаимосвязана с величиной молочной продуктивности, но межгрупповые различия при этом, правда, незначительны [26].

Активность щелочной фосфатазы (ЩФ) в группах АВ и ВВ была достоверно выше, чем у АА, на 3,80 нмоль/(с*л) (33,93 %, p<0,05) и 6,30 нмоль/(с*л) (56,25 %, p<0,01), соответственно. Интерпретируя результаты метаанализа, согласно которым на суточный удой незначительно влияют варианты *CSN3*, как в рецессивной, так и в аддитивной генетических моделях, а также, принимая во внимание взаимосвязь уровня щелочной фосфатазы в сыворотке крови коров в зависимости от стадии лактации и уровня молочной продуктивности, можно говорить о более значительной роли аллеля В изучаемого гена в формировании показателей активности данного фермента в исследуемой нами популяции молочного скота [27, 28].

Концентрация глюкозы является наиболее широко используемым индикатором энергетического статуса и уровня углеводного обмена. Она подвергается изменению под влиянием большого количества факторов, среди которых и секреция различных гормонов, в том числе и регуляторов липидного метаболизма, воздействие факторов внешней среды и др. [29]. Содержание глюкозы в

Таблица 1 — Биохимические показатели сыворотки крови коров с разными генотипами гена *CSN3*

Table 1— Biochemical parameters of blood serum of cows with different genotypes of the CSN3 gene

Показатели	Генотипы *CSN3*			Примечание
	AA (n=60)	AB (n=70)	BB (n=16)	
Общий белок, г/л	86,15±0,15	90,22±0,65	90,96±0,43	AA-AB (p<0,001); AA-BB (p<0,001)
Альбумины, г/л	40,50±0,41	41,38±0,65	44,85±0,92	AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,01)
Мочевина, ммоль/л	6,81±0,11	7,52±0,11	8,52±0,17	AA-AB (p<0,001); AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Аспартатаминотрансфераза (АСТ), Е/л	127,76±3,42	135,44±3,05	170,45±6,37	AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Аланинаминотрансфераза (АЛТ), Е/л	30,19±0,67	32,56±0,49	34,00±0,72	AA-AB (p<0,01); AA-BB (p<0,001)
Креатинин, мкмоль/л	77,36±1,03	79,10±1,49	90,05±0,28	AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Общий билирубин, мкмоль/л	7,70±0,37	7,72±0,27	6,25±0,06	AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Прямой билирубин, мкмоль/л	2,41±0,09	2,68±0,09	1,90±0,09	AA-AB (p<0,05); AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Щелочная фосфатаза (ЩФ), нмоль/(с*л)	11,2±0,67	15,0±1,30	17,5±1,83	AA-AB (p<0,05); AA-BB (p<0,01)
Глюкоза, ммоль/л	2,51±0,04	2,55±0,04	2,21±0,03	AA-BB (p<0,001); AB-BB (p<0,001)
Кальций (Ca+), ммоль/л	2,17±0,02	1,90±0,08	2,22±0,02	AA-AB (p<0,01); AB-BB (p<0,001)
Фосфор (P+), ммоль/л	1,77±0,06	1,89±0,07	2,01±0,01	AA-BB (p<0,001)

сыворотке крови коров с генотипом ВВ было достоверно ниже, чем у АА и АВ, на 0,30 ммоль/л (11,95 %, p<0,001) и 0,34 ммоль/л (13,33 %, p<0,001), что может отражать более высокую утилизацию глюкозы молочной железой для синтеза лактозы. Учитывая прямую зависимость между уровнем глюкозы в сыворотке крови и концентрацию лактозы в молоке коров, стоит провести дополнительный мониторинг концентрации лактозы в молоке для более верной интерпретации установленных зависимостей [30].

Гомеостаз кальция и фосфора имеют решающее значение для нормального функционирования организма. Так, кальций является важнейшим регулятором множества физиологических процессов, включая свертывание крови, нервную проводимость, проницаемость мембран, сокращение мышц, активность ферментов и высвобождение гормонов и др. [31]. Фосфор в целом необходим для построения клеточных мембран, молекул ДНК и РНК, энергетического обмена, передачи сигналов и поддержания уровня pH и др. [32]. Соответственно, концентрации кальция и фосфора критически важны. Наши результаты показывают, что уровень кальция оказался минимальным у гетерозиготных АВ-особей, что на 0,27 ммоль/л (12,44 %, p<0,01) меньше, чем у АА и на 0,32 ммоль/л (14,41 %, p<0,001), чем у ВВ. Содержание фосфора, напротив, было достоверно выше у носителей гомозиготного генотип ВВ, по сравнению с АА разница составила 0,24 ммоль/л (11,94 %, p<0,001). Наши данные, наравне с другими [33] могут быть использованы для характеристики молекулярного механизма, лежащего в основе фенотипической изменчивости показателей минерального обмена. В целом, для валидации потенциальных регионов-кандидатов необходима дальнейшая работа на большей выборке с проведением тонкого картирования идентифицированных QTL.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенное исследование подтвердило, что полиморфизм гена *CSN3* в изученной популяции голштинского скота обусловлен двумя несинонимичными SNP в экзоне IV (аминокислотные замены Thr136Ile и Asp148Ala), которые определяют функциональные различия между аллелями А и В. В исследуемой популяции частота аллеля В составила 0,349, а распределение генотипов (АА — 41,1 %; АВ — 47,9 и ВВ — 11,0 %) соответствует ожидаемому при равновесии Харди-Вайнберга. Частота аллеля В и доля животных генотипа ВВ превышают показатели, характерные для большинства аборигенных пород по данным литературных источников, что свидетельствует об эффективности селекции в направлении повышения частоты желательного аллеля. Сравнительный анализ с работами других исследователей подтвердил, что частота аллеля В гена *CSN3* в высокопродуктивных молочных породах (голштинской, черно-пестрой) существенно выше, чем в аборигенных. При этом даже в этих улучшенных популяциях аллель А остается доминирующим, но доля аллеля В и гетерозиготного генотипа АВ в них максимальна.

В ходе нашего исследования выявлено, что полиморфизм *CSN3* комплексно влияет на биохимический статус. Носители аллеля В (особенно генотипа ВВ) характеризуются повышенным уровнем белкового обмена (общий белок, альбумины, мочевина, креатинин) и ферментативной активности (АСТ, АЛТ, ЩФ), а также сниженными концентрациями билирубина и глюкозы, что отражает более интенсивный метаболизм и эффективную работу печени.

Таким образом, ген *CSN3* оказывает плейотропное действие, связывая генетический вариант с метаболическим профилем. Полученные данные обосновывают использование этого гена как индикатора метаболической адаптации в комплексных селекционных программах для голштинского скота.

POLYMORPHISM OF THE *CSN3* GENE AND ITS ASSOCIATION WITH THE BLOOD BIOCHEMICAL PROFILE IN HOLSTEIN CATTLE

Safina N. Yu.* — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0003-1184-3188); **Krupin E. O.** — Doctor of Veterinarian Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-8086-1788); **Shakirov Sh. K.** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-3362-0463); **Gainutdinova E. R.** — Candidate of Agricultural Sciences, Researcher (ORCID 0000-0002-2970-1500).

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture FRC "KSC RAS".

*natysafina@gmail.com.

Financing: *the work was carried out according to a state assignment: «Improvement of complex domestic technologies of breeding, crop and livestock farming on the basis of identification of high-value genotypes, molecular-genetic methods, biotechnology, design of adaptive and highly productive agrobiocoenosis and agro-ecosystems for the production of ecological and functional products. Registration number: 125031003428-9».*

ABSTRACT. *Molecular genetic markers, such as the polymorphism of the kappa-casein gene (CSN3), are a important tool for increasing the efficiency of dairy cattle breeding. The aim of this study was to investigate CSN3 polymorphism in a Holstein cattle population and to assess its associations with blood biochemical parameters reflecting the animals' metabolic status. In the studied herd (146 animals), allele (A — 0,651, B — 0,349) and genotype frequencies were determined using the PCR-RFLP method: AB (47,9 %; 70 animals), AA (41,1 %; 60 animals), and BB (11,0 %; 16 animals). The results of the biochemical analysis for 12 blood*

serum parameters were statistically processed using t-test Student in the context of the identified genotypes. Significant associations of CSN3 polymorphism with the biochemical profile were revealed. Carriers of the B allele, especially those with the BB genotype, were characterized by a significantly higher level of protein metabolism indicators (total protein, albumin, urea, creatinine) and activity of enzymes from the classes of aminotransferases (AST, ALT) and hydrolases (alkaline phosphatase), as well as lower concentrations of bilirubin and glucose compared to animals with the AA genotype. The obtained data indicate more intensive metabolism and efficient liver function in cows with the B allele. The results confirm the pleiotropic effect of the CSN3 gene, linking the genetic variant not only to milk quality but also to the body's metabolic profile. This substantiates the feasibility of using this gene as a marker for the comprehensive assessment and prediction of metabolic adaptation in Holstein cattle breeding programs. The work was carried out according to a state assignment, registration number 125031003428-9.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ершов Р. О. Продуктивные качества коров самарского типа чёрно-пёстрой породы разных линий в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина / Р. О. Ершов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2023. — № 2(100). — С. 276—281.

2. Характеристика линий породы крупного рогатого скота Сибирячка по генам *CSN3, BLG, LALBA, LEP* и их связь с молочной продуктивностью / Г. М. Гончаренко, Н. Б. Гришина, М. А. Шишкина [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2021. — Т. 51, № 5. — С. 58—67. DOI 10.26898/0370-8799-2021-5-7.

3. The strength of the influence of polymorphism of the kappa-casein and diacylglycerol o-acyltransferase gene polymorphisms on the economically useful qualities of dairy cattle / R. R. Shaydullin, L. R. Zagidullin, T. M. Akhmetov [et al.] // BIO Web of Conferences. — 2025. — Vol. 161. — Art. 00034. DOI 10.1051/bioconf/202516100034.

4. Genetic polymorphism of kappa casein gene and its association with milk production and milk composition traits in Gir and Mulki cattle cattle [Preprint] / R. Barwar, M.S. Thakur [et al.] // Research Square. 2025; Jun 30. Режим доступа: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6928525/v1.

5. Demirel A. F., Çak B. Associations Between Polymorphisms of the *CSN1S1, CSN1S2, CSN2* and *CSN3* Genes and Milk Composition Traits in Holstein Cattle / A.F. Demirel, B. Çak // Veterinary Medicine and Science. — 2025. — Vol. 11. — e70334. DOI: 10.1002/vms3.70334.

6. Effect of *CSN3* Gene Polymorphism on the Formation of Milk Gels Induced by Physical, Chemical, and Biotechnological Factors / A. G. Kruchinin, E. E. Illarionova, A. G. Galstyan [et al.] // Foods. — 2023. Vol. 12(9). — P. 1767. DOI: 10.3390/foods12091767.

7. Medrano J. F., Aguilar-Cordova E. Genotyping of bovine κ-casein loci following DNA sequence amplification / J. F. Medrano, E. Aguilar—Cordova // Biotechnology. — 1990. — Vol. 8(2). — P. 144—146. DOI: 10.1038/nbt0290-144.

8. Milk Protein Genes Polymorphism in Indigenous and Crossbred Cattle from a private Dairy Farm in Ethiopia / R. Tewodros, S. Meseret, S. Mohammed [et al.] // Ethiopian Journal of Science. — 2023. — Vol. 46(3). — P. 283—295. DOI: 10.4314/sinet.v46i3.5.

9. Сафина Н. Ю. Молочная продуктивность голштинского скота с разными генотипами гена каппа—казеин (*CSN3*) / Н. Ю. Сафина и др. // Аграрный научный журнал. — 2021. —№10. — С. 93—97. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp93-97.

10. Genetic polymorphism of kappa casein gene in tharparkar cattle of Pakistan / J. P. Goil, A. H. Shah, M. N. Riaz [et al.] // International Journal of Agriculture and Biology. — 2026. — Vol. 35. — Art. 350204. DOI: 10.17957/IJAB/15.2434.

REFERENCES

1. Ershov R. O., Karamaeva A. S., Karamaev S. V. Productive qualities of Samara-type cows of a Black-and-White breed of different lines depending on the polymorphism of the kappa-casein gene. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023;2(100):276—281.

2. Goncharenko G. M., Grishina N. B., Shishkina M. A., Khoroshilova T. S. et al. Characteristics of the lines of the Sibiryachka cattle breed by genes *CSN3, BLG, LALBA, LEP* and their relationship with dairy productivity. Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(5):58—67. DOI 10.26898/0370-8799-2021-5-7.

3. The strength of the influence of polymorphism of the kappa-casein and diacylglycerol o-acyltransferase gene polymorphisms on the economically useful qualities of dairy cattle / R. R. Shaydullin, L. R. Zagidullin, T. M. Akhmetov [et al.] // BIO Web of Conferences. — 2025. — Vol. 161. — Art. 00034. DOI 10.1051/bioconf/202516100034.

4. Genetic polymorphism of kappa casein gene and its association with milk production and milk composition traits in Gir and Mulki cattle cattle [Preprint] / R. Barwar, M.S. Thakur [et al.] // Research Square. 2025; Jun 30. Режим доступа: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6928525/v1.

5. Demirel A. F., Çak B. Associations Between Polymorphisms of the *CSN1S1, CSN1S2, CSN2* and *CSN3* Genes and Milk Composition Traits in Holstein Cattle / A.F. Demirel, B. Çak // Veterinary Medicine and Science. — 2025. — Vol. 11. — e70334. DOI: 10.1002/vms3.70334.

6. Effect of *CSN3* Gene Polymorphism on the Formation of Milk Gels Induced by Physical, Chemical, and Biotechnological Factors / A. G. Kruchinin, E. E. Illarionova, A. G. Galstyan [et al.] // Foods. — 2023. Vol. 12(9). — P. 1767. DOI: 10.3390/foods12091767.

7. Medrano J. F., Aguilar-Cordova E. Genotyping of bovine κ-casein loci following DNA sequence amplification / J. F. Medrano, E. Aguilar—Cordova // Biotechnology. — 1990. — Vol. 8(2). — P. 144—146. DOI: 10.1038/nbt0290-144.

8. Milk Protein Genes Polymorphism in Indigenous and Crossbred Cattle from a private Dairy Farm in Ethiopia / R. Tewodros, S. Meseret, S. Mohammed [et al.] // Ethiopian Journal of Science. — 2023. — Vol. 46(3). — P. 283—295. DOI: 10.4314/sinet.v46i3.5.

9. Safina N. Yu., Gaynutdinova E. R., Shakirov Sh. K. Dairy productivity of Holstein cattle with different genotypes of the kappa-casein gene (*CSN3*). Agrarian Scientific Journal. 2021;(10):93—97. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp93-97.

10. Genetic polymorphism of kappa casein gene in tharparkar cattle of Pakistan / J. P. Goil, A. H. Shah, M. N. Riaz [et al.] // International Journal of Agriculture and Biology. — 2026. — Vol. 35. — Art. 350204. DOI: 10.17957/IJAB/15.2434.

11. Allelic Polymorphism of *CSN3* and *DGAT1* Genes in Herds of Black-and-White and Kholmogorsky Cattle / R. R. Shaidullin, L. R. Zagidullin, T. A. Akhmetov [et al.] // INTERAGROMASH 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. — 2023. — Vol. 574. — P. 3133—3139. DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5_346.

12. Полиморфизм гена каппа-казеина (*CSN3*) и его связь с молочной продуктивностью в выборках коров голштинской и красной степной пород / З. К. Гаджиев, Д. Д. Евлагина, Г. П. Ковалева [и др.] // Международный вестник ветеринарии. — 2025. — № 1. — С. 317—325. DOI 10.52419/issn2072-2419.2025.1.317.

13. Крупин Е. О. Биохимические показатели белкового и углеводного обмена у коров различных генотипов / Е. О. Крупин, М. Ш. Тагиров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2018. — Т 233(1). — С. 83—88.

14. Unraveling metabolic stress response in dairy cows: Genetic control of plasma biomarkers throughout lactation and the transition period / M. M. Passamonti, M. Milanesi, L. Cattaneo [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2024. — Vol. 107(11). — P. 9602—9614. DOI: 10.3168/jds.2023-24630.

15. Иванова И. П. Структура популяции молочных коров в Омской области по генам *CSN2, CSN3* и некоторым генетическим аномалиям / И. П. Иванова и др. // Вестник Красноярского гос. агр. университета. — 2025. — № 5. — С. 185—198. — DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-185-198.

16. Влияние полиморфизма генов пролактина и каппа-казеина на показатели молочной продуктивности коров-первотелок голштинской породы / Н. Ю. Сафина, А. Р. Сафиуллина, Ю. Р. Юльметьева [и др.] // Вопросы нормативно—правового регулирования в ветеринарии. — 2017. — № 4. — С. 128—132.

17. Оценка коров-первотёлок чёрно-пёстрой породы по ДНК — маркерам, ассоциированных с хозяйственно—полезными признаками / З. К. Гаджиев, Е. С. Суржикова, Д. Д. Евлагина [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. — 2024. — Т. 61(3). — С. 29—36. DOI: 10.54258/20701047_2024_61_3_29.

18. Genotype-by-environment interactions in beef and dairy cattle populations: a review of methodologies and perspectives on research and applications / J. B. Silva Neto, L. F. M. Mota, M. Londoño-Gil [et al.] // Animal Genetics. — 2024. — Vol. 55(6). — P. 871—892. DOI: 10.1111/age.13483.

19. Абельдинов Р. Б. Биологический статус коров симментальской породы казахстанской селекции с различным генотипом по генам-кандидатам белкового обмена / Р. Б. Абельдинов, Т. К. Бексеитов // Вестник Алтайского гос. агр. университета. — 2017. — Т. 2(148). — С. 81—87.

20. Variation in blood serum proteins and association with somatic cell count in dairy cattle from multi—breed herds / T. Bobbo, E. Fiore, M. Gianesella [et al.] // Animal. — 2017. — Vo. 11(12). — P. 2309—2319. DOI: 10.1017/S1751731117001227.

21. *CSN1S1, CSN3* and *LPL*: Three Validated Gene Polymorphisms Useful for More Sustainable Dairy Production in the Mediterranean River Buffalo / A. Pauciullo, G. Gaspa, Y. Zhang [et al.] // Animals. — 2024. — Vol. 14(10). — P. 1414. DOI: 10.3390/ani14101414.

22. Hadžimusić N., Hadžijunuzović—Alagić Dž. Liver enzyme profiles in high—yielding dairy cows: indicators of metabolic health / N. Hadžimusić, Dž. Hadžijunuzović—Alagić // Sciences of Europe. — 2025. — Vol. 161(161). — P. 54—61. DOI: 10.5281/zenodo.15102122.

11. Allelic Polymorphism of *CSN3* and *DGAT1* Genes in Herds of Black-and-White and Kholmogorsky Cattle / R. R. Shaidullin, L. R. Zagidullin, T. A. Akhmetov [et al.] // INTERAGROMASH 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. — 2023. — Vol. 574. — P. 3133—3139. DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5_346.

12. Gadzhiev Z. K., Evlagina D. D., Kovaleva G. P., Surzhikova E. S., Lapina M. N. Polymorphism of the kappa casein (*CSN3*) gene and its relation to milk productivity in samples of Holstein and Red steppe cows. International Veterinary Bulletin. 2025;(1):317—325. DOI 10.52419/issn2072—2419.2025.1.317.

13. Krupin E. O., Tagirov M. Sh. Biochemical indices of the protein and hygiode exchange of substances in cows of various genotypes. Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman. 2018;233(1):83—88.

14. Unraveling metabolic stress response in dairy cows: Genetic control of plasma biomarkers throughout lactation and the transition period / M. M. Passamonti, M. Milanesi, L. Cattaneo [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2024. — Vol. 107(11). — P. 9602—9614. DOI: 10.3168/jds.2023-24630.

15. Ivanova I. P., Yurchenko E. N., Okoneshnikova Yu. A. Population structure of dairy cows in Omsk Region by *CSN2, CSN3* genes and some genetic anomalies. Bulletin of KSAU. 2025;(5):185—198. DOI: 10.36718/1819—4036-2025-5-185-198.

16. Safina N. Y., Safiullina A. R., Yulmeteva Y. R., Shakirov Sh. K., Zinnatova F. F., Zinnatov F. F., Akhmetov T. M. The influence of prolactin and kappa—casein genes polymorphism on the indices of milk productivity of Holstein cows-heifers. Legal regulation in veterinary medicine. 2017;(4):128—132.

17. Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Evlagina D. D., Kovaleva G. P., Lapina M. N. Evaluation of first-calf cows of the Black-and-White breed using DNA markers associated with economically useful traits // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2024;61(3):29—36. DOI: 10.54258/20701047_2024_61_3_29.

18. Genotype-by-environment interactions in beef and dairy cattle populations: a review of methodologies and perspectives on research and applications / J. B. Silva Neto, L. F. M. Mota, M. Londoño-Gil [et al.] // Animal Genetics. — 2024. — Vol. 55(6). — P. 871—892. DOI: 10.1111/age.13483.

19. Abeldinov R. B., Bekseitov T. K. Biological status of Simmental cows bred in Kazakhstan with different genotypes by candidate genes of protein metabolism. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;2(148):81—87.

20. Variation in blood serum proteins and association with somatic cell count in dairy cattle from multi—breed herds / T. Bobbo, E. Fiore, M. Gianesella [et al.] // Animal. — 2017. — Vo. 11(12). — P. 2309—2319. DOI: 10.1017/S1751731117001227.

21. *CSN1S1, CSN3* and *LPL*: Three Validated Gene Polymorphisms Useful for More Sustainable Dairy Production in the Mediterranean River Buffalo / A. Pauciullo, G. Gaspa, Y. Zhang [et al.] // Animals. — 2024. — Vol. 14(10). — P. 1414. DOI: 10.3390/ani14101414.

22. Hadžimusić N., Hadžijunuzović—Alagić Dž. Liver enzyme profiles in high—yielding dairy cows: indicators of metabolic health / N. Hadžimusić, Dž. Hadžijunuzović—Alagić // Sciences of Europe. — 2025. — Vol. 161(161). — P. 54—61. DOI: 10.5281/zenodo.15102122.

23. The genetic architecture of liver enzyme levels: GGT, ALT and AST / J.H. van Beek, M.H de Moor., E.J. de Geus [et al.] // Behavior genetics. — 2013. — Vol. 43(4). — P. 329—339. DOI: 10.1007/s10519-013-9593-y.

24. Галлямова А. Р. Полиморфизм гена каппа-казеина в связи с продуктивностью крупного рогатого скота бестужевской и черно-пестрой пород / Галлямова Альбина Рифовна // автореф. дисс. 06.02.01 — Разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных. Уфа, 2008. БашГАУ. 20 с.

25. Крупин Е. О. Молочная продуктивность и качество молока коров в зависимости от генотипа / Е. О. Крупин, Ш. К. Шакиров, М. Ш. Тагиров // Дальневосточный аграрный вестник. — 2017. — № 4(44). — С. 120—125.

26. Evaluation of the effect of daily cow's milk production on liver enzyme levels / M. Katica, A. Mukaca, A. Salkić [et al.] // Turkish Journal of Veterinary Research. — 2024. — Vol. 8(1). — P. 71—79. DOI:10.47748/tjvr.1372322.

27. A meta-analysis on association between CSN3 gene variants and milk yield and composition in cattle / P. Mahmoudi, J. Rostamzadeh, A. Rashidi [et al.] // Animal genetics. — 2020. — Vol. 51(3). — P. 369—381. DOI: 10.1111/age.12922

28. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation / B. Andjelić, R. Djoković, M. Cincović [et al.] // Metabolites. — 2022. — Vol. 12(8). — P. 733. DOI: 10.3390/metabo12080733.

29. Glucose metabolism and dynamics of facilitative glucose transporters (GLUTs) under the influence of heat stress in dairy cattle / Z. Abbas, A. Sammad, L. Hu [et al.] // Metabolites. — 2020. — Vol. 10(8). — P. 312. DOI: 10.3390/metabo10080312.

30. Inline milk lactose concentration as biomarker of the health status and reproductive success in dairy cows / M. Televičius, V. Juozaitiene, D. Malašauskienė [et al.] // Agriculture. — 2021. — Vol. 11(1). — P. 38. DOI: 10.3390/agriculture11010038.

31. Hernández-Castellano L.E. Endocrine pathways to regulate calcium homeostasis around parturition and the prevention of hypocalcemia in periparturient dairy cows / L. E. Hernández-Castellano, L. L. Hernandez, R. M. Bruckmaier // Animal.— 2020. — Vol. 14(2). — P. 330—338. DOI: 10.1017/S1751731119001605.

32. Wagner C. A. The basics of phosphate metabolism / C. A. Wagner // Nephrology Dialysis Transplantation. — 2024. — Vol. 39(2). — P. 190—201. DOI: 10.1093/ndt/gfad188.

33. Genome wide scan to identify potential genomic regions associated with milk protein and minerals in vrindavani cattle / A. Singh, A. Kumar, C. Gondro [et al.] // Frontiers in Veterinary Science. — 2022. — Vol. 9. — Art. 760364. DOI: 10.3389/fvets.2022.760364.

23. The genetic architecture of liver enzyme levels: GGT, ALT and AST / J.H. van Beek, M.H de Moor., E.J. de Geus [et al.] // Behavior genetics. — 2013. — Vol. 43(4). — P. 329—339. DOI: 10.1007/s10519-013-9593-y.

24. Galliamova A. R. Polymorphism of the kappa-casein gene in relation to the productivity of Bestuzhev and Black-and-White cattle breeds / Galliamova Albina Rifovna // abstract of a thesis. diss. 06.02.01 — Breeding, selection, genetics and reproduction of farm animals. Ufa, 2008. Bashkir State Agrarian University. 20 p.

25. Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Tagirov M. Sh. Dairy productivity and quality of cow milk depending on genotype. Far eastern agricultural journal. 2017;4(44):120—125.

26. Evaluation of the effect of daily cow's milk production on liver enzyme levels / M. Katica, A. Mukaca, A. Salkić [et al.] // Turkish Journal of Veterinary Research. — 2024. — Vol. 8(1). — P. 71—79. DOI:10.47748/tjvr.1372322.

27. A meta-analysis on association between CSN3 gene variants and milk yield and composition in cattle / P. Mahmoudi, J. Rostamzadeh, A. Rashidi [et al.] // Animal genetics. — 2020. — Vol. 51(3). — P. 369—381. DOI: 10.1111/age.12922

28. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation / B. Andjelić, R. Djoković, M. Cincović [et al.] // Metabolites. — 2022. — Vol. 12(8). — P. 733. DOI: 10.3390/metabo12080733.

29. Glucose metabolism and dynamics of facilitative glucose transporters (GLUTs) under the influence of heat stress in dairy cattle / Z. Abbas, A. Sammad, L. Hu [et al.] // Metabolites. — 2020. — Vol. 10(8). — P. 312. DOI: 10.3390/metabo10080312.

30. Inline milk lactose concentration as biomarker of the health status and reproductive success in dairy cows / M. Televičius, V. Juozaitiene, D. Malašauskienė [et al.] // Agriculture. — 2021. — Vol. 11(1). — P. 38. DOI: 10.3390/agriculture11010038.

31. Hernández-Castellano L.E. Endocrine pathways to regulate calcium homeostasis around parturition and the prevention of hypocalcemia in periparturient dairy cows / L. E. Hernández-Castellano, L. L. Hernandez, R. M. Bruckmaier // Animal.— 2020. — Vol. 14(2). — P. 330—338. DOI: 10.1017/S1751731119001605.

32. Wagner C. A. The basics of phosphate metabolism / C. A. Wagner // Nephrology Dialysis Transplantation. — 2024. — Vol. 39(2). — P. 190—201. DOI: 10.1093/ndt/gfad188.

33. Genome wide scan to identify potential genomic regions associated with milk protein and minerals in vrindavani cattle / A. Singh, A. Kumar, C. Gondro [et al.] // Frontiers in Veterinary Science. — 2022. — Vol. 9. — Art. 760364. DOI: 10.3389/fvets.2022.760364.

АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ

УДК: 575.117.2:611-013:636.52/.58
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.300

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ *ESR2* И *PTHLH* В ПРОЦЕССЕ ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ КУР

Кузнецова Т. Ш.[1] — канд. биол. наук, доцент каф. генетических и репродуктивных биотехнологий (ORCID: 0000-0002-8981-0696); **Коршунова Л. Г.**[2] — д-р биол. наук, глав. науч. сотр. лаборатории прикладной генетики и молекулярной диагностики (ORCID: 0000-0002-4393-7499); **Назарова А. В.**[1] — канд. ветеринар. наук, доцент каф. общей, частной и оперативной хирургии (ORCID: 0000-0003-4726-6204); **Куликов Е. И.**[2], зав. лаб. прикладной генетики и молекулярной диагностики (ORCID: 0000-0001-5553-4454); **Горбаков М. Е.**[1]*— студент 5 курса ФВМ (ORCID: 0009-0009-6912-2413).

[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

[2]ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства».

* maxgorbakov@gmail.com.

Ключевые слова: *куры, Смена 9, экспрессия генов, ESR2, PTHLH.*

Key words: *hens, Smena 9, gene expression, ESR2, PTHLH.*

Финансирование: *Статья подготовлена в соответствии с тематическим планом ФНЦ «ВНИТИП» (№ Гос. рег. 124031400010-6) «Изучение генетической структуры и идентификация генов, ассоциированных с хозяйственно-полезными и воспроизводительными качествами кур отечественных кроссов с целью разработки эффективных технологий маркер-ассоциированной селекции в птицеводстве».*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Переход от классической к геномной селекции имеет стратегическое значение для птицеводства РФ. Особое значение для продуктивности имеют гены, вовлеченные в регуляцию репродуктивной системы. Целью исследования являлся анализ динамики уровня экспрессии генов ESR2 и PTHLH в тканях яичника кур исходной линии СМ9 кросса «Смена 9» на ключевых этапах постэмбрионального развития. Материалом исследования служили ткани яичника, отобранные у разновозрастных групп птиц. Оценку относительного уровня экспрессии генов проводили в тканях яичника птицы четырёх возрастных групп методом количественной ПЦР в реальном времени с использованием метода ΔCt. Экспрессия гена ESR2 в яичнике существенно варьировалась. Максимальный уровень активности зафиксирован в фазах постнатальной адаптации (2-я неделя) и активации яичников (10-я неделя). С началом пубертата экспрессия планомерно снижалась, достигая минимума к фазе активной яйцекладки на 27-й неделе. Динамика PTHLH была более плавной: стабильная экспрессия в ранние периоды развития сменилась достоверным снижением активности исключительно на этапе активной яйцекладки. Регуляция экспрессии генов ESR2 и PTHLH носит стадийно-специфический характер. Высокая активность генов на ранних этапах обеспечивает морфогенез фолликулов. Последующее снижение транскрипции физиологически сопряжено с началом яйцекладки. Выявленные гены, влияющие на развитие репродуктивной системы кур, целесообразно использовать как кандидаты для изучения однонуклеотидных полиморфизмов в рамках ведения работ по маркер-ассоциированной селекции.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В современных условиях промышленного птицеводства Российской Федерации ключевым фактором устойчивого развития отрасли становится переход от традиционного фенотипического отбора к геномной селекции, основанной на использовании молекулярных маркеров продуктивности и воспроизводства [1]. Данный переход имеет не только технологическое, но и стратегическое значение, поскольку напрямую связан с сохранением суверенитета РФ. Речь идет о снижении зависимости от импортного племенного материала и обеспечением продовольственной безопасности страны [2].

Классические селекционные схемы, хорошо работавшие в прошлом, ориентированные на оценку уже реализованных признаков, ограничены временными рамками селекционного цикла [3], высокой себестоимостью выращивания молодняка и низкой

точностью отбора по полигенным признакам с умеренной и низкой наследуемостью, что в условиях глобальной конкуренции [4], высокой скорости внедрения новых генетических линий и доминирования зарубежных генетических компаний приводит к технологическому отставанию, что снижает конкурентоспособность отечественного птицеводства [1].

Геномная селекция позволяет принципиально преодолеть эти ограничения за счёт раннего прогнозирования генетического потенциала птицы на основе вариаций в функционально значимых генах, сокращения сроков селекционного цикла и перехода к целенаправленному контролю наследуемых признаков на молекулярном уровне. Для продуктивного птицеводства РФ особое значение имеют гены, вовлечённые в регуляцию гипоталамо-гипофизарно-гонадальной оси, фолликулогенеза, овуляции и минерального обмена, поскольку именно эти процессы определяют уровень яйценоскости, качество яйца, репродуктивное долголетие и сохранность поголовья в условиях промышленного содержания [5—7].

Гены рецепторов эстрогена *ESR1* и *ESR2* кодируют внутриядерные лиганд-активируемые факторы транскрипции, регулирующие экспрессию таргетных генов в ответ на связывание с эстрадиолом. У кур *ESR1* локализован на 3-й хромосоме, а *ESR2* — на 5-й; при этом в яичниках несушек уровень экспрессии мРНК *ESR1* существенно превышает экспрессию *ESR2* [8, 9].

Несмотря на консервативность лиганд-связывающих доменов, функциональная роль этих рецепторов дивергентна: пролиферативное действие эстрогенов реализуется преимущественно через *ESR1*, который критичен для асимметричного развития яичников и поддержания репродуктивного долголетия, тогда как *ESR2* обеспечивает дифференцировку фолликулов, формирование антральных структур и непосредственно процесс овуляции [9, 10].

В постэмбриональном развитии кур *ESR2* играет ключевую роль в формировании репродуктивной системы, участвуя в регуляции роста яйцевода, развитии яичника дифференцировке эпителиальных и стромальных клеток, а также в регуляции функционирования гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси. Однонуклеотидные полиморфизмы в генах *ESR1* и *ESR2*, включая *T1101C* и *G1755A* [9], достоверно ассоциированы с интенсивностью яйценоскости и массой яйца в различные периоды продуктивного цикла; мутации в лиганд-связывающем домене *ESR2* способны изменять димеризацию и транскрипционную активацию рецептора, напрямую влияя на фолликулогенез [9, 11].

Ген *PTHLH* (Parathyroid Hormone-Like Hormone), локализованный в регионе 72.51–72.52 Мб 1-й хромосомы, кодирует паратгормон-подобный пептид и является локальным паракринным и аутокринным регулятором роста и дифференцировки тканей [12]. В отличие от системных гормонов, продукт *PTHLH* действует преимущественно на уровне ткани, обеспечивая тонкую настройку клеточной пролиферации и метаболизма.

В процессе постэмбрионального развития птицы *PTHLH* участвует в регуляции роста костной и соединительной ткани, кальциевого обмена и ремоделирования органов [13]. В репродуктивной системе его роль носит вспомогательный характер и связана с обеспечением структурных и метаболических изменений, сопровождающих созревание и функциональную активность органов [14]. При этом *PTHLH* является ключевым молекулярным маркером отбора фолликулов в стадию активного роста: пик его экспрессии и экспрессии рецептора *PTH1R* приходится на предшествующие этой стадии фолликулы диаметром 6–8 мм. Он стимулирует пролиферацию гранулёзных и тека-клеток и инициирует стероидогенез за счёт повышения экспрессии генов *StAR* и *CYP11A1*, что приводит к усиленной продукции прогестерона [15, 16].

Экспрессия *PTHLH* характеризуется меньшей вариабельностью по сравнению с ESR и изменяется более плавно: её повышение отмечается в периоды активного роста и тканевой перестройки, включая предпубертатную фазу, тогда как при сформированной репродуктивной системе уровень экспрессии стабилизируется или снижается, отражая переход от активного морфогенеза к поддерживающему метаболическому режиму.

Кроме того, *PTHLH* играет важнейшую роль в поддержании кальциевого гомеостаза и минерализации яичной скорлупы. При этом полиморфизмы в промоторной области этого гена ассоциированы с более ранним началом яйцекладки и повышенной продуктивностью на ранних этапах [17].

Целью исследования являлся анализ динамики уровня экспрессии генов *ESR2* и *PTHLH* в тканях яичника кур исходной линии СМ9 кросса «Смена 9» на ключевых этапах постэмбрионального развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование проведено на птице исходной линии СМ9 кросса «Смена 9». 120 голов суточного молодняка были размещены на площадке «Подсосино», (СГЦ «Смена», Сергиев Посад) для выращивания. Проводился отбор разновозрастных групп не менее 22 голов в каждый период отбора. Далее осуществляли патологоанатомическое вскрытие, в результате которого отобрали материал, который был представлен тканями яичника. Образцы тканей после отбора были заморожены при температуре -70 °С.

Исследования уровня экспрессии генов проводилось в лаборатории прикладной генетики и молекулярной диагностики (ФНЦ «ВНИТИП», Сергиев Посад). Выделение РНК проводили с помощью набора для выделения суммарной РНК ExtractRNA (Евроген, Россия). При выделении РНК образцы тканей гомогенизировали с использованием гомогенизатора лабораторного Bioprep-24 (Alsheng, Китай), после чего проводили лизис и очистку, с последующим элюированием в высокоочищенной деионизированной воде. После выделения РНК проводили контроль качества полученных нуклеиновых кислот в каждом образце с

помощью флуориметра Fluo-200 (Alsheng, Китай) и спектрофотометра Nano-500 (Alsheng, Китай). Обратную транскрипцию для получения первой цепи кДНК проводили с использованием обратной транскриптазы Magnus (Евроген, Россия).

Оценку относительного уровня экспрессии генов проводили при помощи количественной ПЦР в реальном времени на ДНК-амплификаторе QuantStudio 5 (Thermo Fisher Scientific, США). Оценку экспрессии генов проводили с использованием метода ΔCt, сравнивания пороговый цикл амплификации исследуемых генов с геном домашнего хозяйства (ACTB). Чем меньше данный показатель, тем выше уровень экспрессии исследуемого гена. По результатам исследований проводили статистическую обработку с использованием пакета «анализ данных» в программе Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Для оценки молекулярно-генетических механизмов развития репродуктивной системы кур линии СМ9 была проанализирована динамика транскрипционной активности генов *ESR2* и *PTHLH*.

В таблице 1 отражены изменения значений ΔCt, характеризующие интенсивность экспрессии исследуемых генов на четырех ключевых этапах постэмбрионального развития. Числовые данные выражены как M (среднее арифметическое) ± m (стандартная ошибка среднего арифметического). Поскольку расчет проводился методом ΔCt, значения представляют собой разницу пороговых циклов амплификации (Ct) целевого гена и гена домашнего хозяйства (ACTB). При этом важно отметить, что чем меньше данный показатель, тем выше уровень экспрессии исследуемого гена.

Экспрессия гена *ESR2* в ткани яичника существенно варьировалась на протяжении постэмбрионального онтогенеза. В фазе постнатальной адаптации (2-я неделя) регистрировались наименьшие значения ΔCt, что соответствует максимальному уровню транскрипционной активности гена. Высокая экспрессия *ESR2* на данном этапе биологически обусловлена его преимущественной локализацией в гранулёзных клетках яичника и ключевой ролью в опосредовании дифференцирующего действия эстрогенов, необходимого для закладки и раннего формирования фолликулярного аппарата.

В период функциональной активации яичников (10-я неделя) показатели ΔCt сохранялись на сопоставимом уровне и не отличались статистически значимо от раннего постнатального периода. Это указывает на сохранение высокой транскрипционной активности *ESR2* в предпубертатный период, во время которого происходит подготовка яичника к последующему переходу к циклической репродуктивной функции.

С переходом к начальному этапу пубертата (16-я неделя) отмечалось увеличение значений ΔCt, отражающее снижение уровня экспрессии *ESR2* по сравнению с ранними возрастами. Данная динамика свидетельствует о завершении основных процессов структурной дифференцировки фолликулярного аппарата и постепенном изменении гормональной регуляции в яичнике.

Максимальные значения ΔCt были выявлены в фазе активной яйцекладки (27-я неделя), что соответствует минимальному уровню экспрессии *ESR2* в исследуемой ткани. Направленное снижение транскрипции *ESR2* на данном этапе, вероятно, связано с перераспределением функциональной нагрузки в системе эстрогеновых рецепторов и возрастанием роли *ESR1*, доминирующего у взрослых несушек в поддержании репродуктивной функции в рамках гипоталамо-гипофизарно-гонадальной оси.

Динамика экспрессии гена *PTHLH* в тканях яичника характеризовалась более плавным вектором изменений на протяжении постэмбрионального онтогенеза по сравнению с паттерном гена *ESR2*. В фазах постнатальной адаптации (2-я неделя) и функциональной активации яичников (10-я неделя) статистически значимых различий в значениях ΔCt выявлено не было. Данный факт свидетельствует о поддержании стабильного уровня транскрипционной активности гена в ранние периоды развития, что, вероятно, является необходимым условием для обеспечения базовых процессов клеточной пролиферации в ходе начального фолликулогенеза.

С переходом к начальному этапу пубертата (16 неделя) регистрировалась тенденция к увеличению значений ΔCt, однако фиксируемые отличия от показателей ранних стадий носили сугубо про-

Таблица 1 — Изменение уровня экспрессии генов *ESR2* и *PTHLH* (ΔCt) во время постэмбрионального развития в яичнике кур линии СМ9 кросса «Смена 9»

Table 1 — Changes in the expression level of the *ESR2* and *PTHLH* genes (ΔCt) during postembryonic development in the ovary of chickens of the CM9 line of the Smena 9 cross

Ген	Уровень экспрессии генов			
	Постнатальная адаптация (2-я неделя)	Активация яичников (10-я неделя)	Начало пубертата 16-я неделя)	Активная яйцекладка (27-я неделя)
ESR2 (ΔCt)	8,3 ± 0,27 ^{A}	8,8 ± 0,24 ^{AB}	9,7 ± 0,57 ^{B}	11,8 ± 0,45 ^{C}
PTHLH (ΔCt)	11,1 ± 0,44 ^{A}	11,6 ± 0,16 ^{A}	12,2 ± 0,37 ^{AB}	12,8 ± 0,27 ^{B}

Примечание: *разность между средними значениями в группах, обозначенными разными буквами, достоверна при p <0,05.*

межуточный характер. Подобный паттерн отражает постепенную адаптацию профиля экспрессии *PTHLH* к изменяющемуся гормональному фону и физиологическим перестройкам, предшествующим половому созреванию.

Достоверное повышение значений ΔCt, напрямую соответствующее снижению уровня экспрессии *PTHLH*, было зафиксировано исключительно на этапе активной яйцекладки (27 неделя). Установленная динамика указывает на планомерное снижение экспрессии гена по мере перехода яичника к функционально зрелому состоянию. Ингибирование транскрипции *PTHLH* на пике репродуктивной активности биологически обусловлено завершением процессов структурной организации фолликулярного аппарата и смещением приоритетов молекулярной регуляции на гены, непосредственно обеспечивающие процессы овуляции и яйцеобразования.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Полученные данные свидетельствуют о стадийно-специфическом характере регуляции экспрессии генов *ESR2* и *PTHLH* в яичнике кур линии СМ9 кросса «Смена 9» в ходе постэмбрионального развития. Ген *ESR2* характеризуется выраженным и последовательным снижением уровня экспрессии от ранних постнатальных этапов к периоду активной яйцекладки, что отражает изменение гормональной чувствительности яичника по мере его функционального созревания. В отличие от него, экспрессия *PTHLH* остается относительно стабильной на ранних стадиях развития и снижается преимущественно на этапе активной яйцекладки. Различия в динамике экспрессии исследованных генов подчёркивают их различную роль в регуляции процессов роста и функционального становления яичника.

Высокий уровень экспрессии указанных генов на ранних этапах развития (2-я и 10-я недели) свидетельствует об их участии в процессах первичного морфогенеза, клеточной пролиферации. Последующее снижение транскрипционной активности *ESR2* и *PTHLH* к 27-й неделе физиологически сопряжено с периодом активной яйцекладки. Это снижение объясняется тем, что главную роль начинает играть другой рецептор эстрогена — *ESR1*. Кроме того, процессы обмена кальция, необходимые для формирования скорлупы, переносятся из яичника в другие специализированные органы репродуктивного тракта.

Установленная возрастная динамика экспрессии исследуемых генов применима в рамках программ геномной селекции. Выявленные гены, влияющие на развитие репродуктивной системы кур, целесообразно использовать как кандидаты для изучения однонуклеотидных полиморфизмов в рамках ведения работ по маркер-ассоциированной селекции. Интеграция полученных результатов в селекционный процесс расширяет методологическую базу для раннего прогнозирования яичной продуктивности при формировании отечественных кроссов.

DYNAMICS OF *ESR2* AND *PTHLH* GENE EXPRESSION DURING POST-EMBRYONIC DEVELOPMENT OF THE REPRODUCTIVE SYSTEM IN HENS

Kuznetsova T. Sh.[1] — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnology (ORCID: 0000-0002-8981-0696); **Korshunova L. G.**[2] — Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Laboratory of Applied Genetics and Molecular Diagnostics (ORCID: 0000-0002-4393-7499); **Nazarova A. V.**[1] — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of surgery (ORCID: 0000-0003-4726-6204); **Kulikov E. I.**[2] — Head of the Laboratory of Applied Genetics and Molecular Diagnostics (ORCID: 0000-0001-5553-4454); **Gorbakov M. E.**[1] — 5th-year student, Faculty of Veterinary Medicine (ORCID: 0009-0009-6912-2413).

[1]St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

[2]Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute".

ABSTRACT. *The transition from classical to genomic selection is of strategic importance for the poultry industry of the Russian Federation. Genes involved in the regulation of the reproductive system are of particular significance for productivity. The aim of the study was to analyze the dynamics of the expression levels of the ESR2 and PTHLH genes in the ovarian tissues of hens of the SM9 original line of the «Smena 9» cross at key stages of post-embryonic development. The research material consisted of ovarian tissues collected from birds of various age groups. The evaluation of the relative gene expression level was performed in the ovarian tissues of birds from four age groups using quantitative real-time PCR with the ΔCt method. The expression of the ESR2 gene in the ovary varied significantly. The maximum activity level was recorded during the phases of postnatal adaptation (week 2) and ovarian activation (week 10). With the onset of puberty, the expression steadily decreased, reaching a minimum by the active egg-laying phase at week 27. The dynamics of PTHLH were more gradual: stable expression in the early periods of development was followed by a significant decrease in activity exclusively during the active egg-laying stage. The regulation of ESR2 and PTHLH gene expression is stage-specific. High gene activity in the early stages ensures follicle morphogenesis. The subsequent decrease in transcription is physiologically associated with the onset of egg-laying. It is advisable to use the identified genes affecting the development of the reproductive system in hens as candidates for the study of single nucleotide polymorphisms within the framework of marker-assisted selection.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горбаков М. Е., Голодяева М. С., Березкин В. А. Тенденции развития птицеводческой отрасли в Российской Федерации. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии 2025;(2):26—30. DOI: 10.52419/issn2782-6252.2025.2.26.

2. Фисинин В. И. Динамика и перспективы развития мирового и отечественного птицеводства. Результаты работы яичного и мясного птицеводства России в 2024 году. Птицеводство 2025;(3):4—10. EDN: IGUKIC.

3. Столповский Ю. А., Пискунов А. К., Свищева Г. Р. Геномная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития. Генетика 2020;56(9):1006—1017.

4. Гальперн И. Л., Синичкин В. В., Станишевская О. И., Бычаев А. Г. Селекционно-генетические методы и программы выведения новых линий и создания конкурентоспособных кроссов яичных и мясных кур. СПб -Павловск: ООО «СПб СРП «Павел» ВОГ»; 2010. 164 с.

5. Zhao J, et al. Interacting networks of the hypothalamic-pituitary-ovarian axis regulate layer hens performance. Genes. 2023;14(1):141.

6. Hlokoe V. R., Tyasi T. L., Gunya B. Chicken ovarian follicles morphology and growth differentiation factor 9 gene expression in chicken ovarian follicles. Heliyon. 2022;8(1).

7. Mishra B., Sah N., Wasti S. Genetic and hormonal regulation of egg formation in the oviduct of laying hens. In: Poultry-an advanced learning. IntechOpen; 2019.

8. Лаптев Г. Ю. и др. Результаты создания каталога прогностических генов-маркеров репродуктивного долголетия яичной птицы.

9. Niu X., Tyasi T. L., Qin N., Liu D., Zhu H., Chen X., et al. Sequence variations in estrogen receptor 1 and 2 genes and their association with egg production traits in Chinese Dagu chickens.

10. Коршунова Л. Г. и др. Ассоциации однонуклеотидных замен в генах-кандидатах с хозяйственно полезными признаками у кур (*Gallus gallus domesticus L.*) (обзор). Сельскохозяйственная биология 2023;58(2):205—222.

11. Bai J., Fan H. D., Lu X. Association analysis between ESR gene and egg production performance of laying quails. Brazilian Journal of Poultry Science. 2023;25(4):eRBCA-2022-1706.

12. Ma Y., et al. Identifying artificial selection signals in the chicken genome. PLoS One. 2018;13(4):e0196215.

13. Sinclair-Black M., Garcia R. A., Ellestad L. E. Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. Frontiers in Physiology. 2023;14:1112499.

14. Martin T. J. Parathyroid hormone-related protein, its regulation of cartilage and bone development, and role in treating bone diseases. Physiological Reviews. 2016;96(3):831—871.

15. LaVoie H. A., King S. R. Transcriptional regulation of steroidogenic genes: *STARD1, CYP11A1* and *HSD3B*. Experimental Biology and Medicine. 2009;234(8):880—907.

16. Yazawa T., et al. Transcriptional regulation of ovarian steroidogenic genes: recent findings obtained from stem cell-derived steroidogenic cells. BioMed Research International. 2019;2019:1–13.

17. Pinheiro P. L., et al. Functional characterization and evolution of PTH/PTHrP receptors: insights from the chicken. BMC Evolutionary Biology. 2012;12(1).

REFERENCES

1. Gorbakov M. E., Golodyaeva M. S., Berezkin V. A. Trends in the development of the poultry industry in the Russian Federation. Regulatory and legal regulation in veterinary medicine 2025;(2):26—30. DOI: 10.52419/issn2782-6252.2025 .2.26.

2. Fisinin V. I. Dynamics and prospects of development of world and domestic poultry farming. The results of the Russian egg and meat poultry industry in 2024. Poultry farming 2025;(3):4—10. EDN: IGUKIC.

3. Stolpovsky Yu. A., Piskunov A. K., Svishcheva G. R. Genomic breeding. I. Recent trends and possible ways of development. Genetics 2020;56(9):1006—1017.

4. Galpern I. L., Sinichkin V. V., Stanishevskaya O. I., Bychaev A. G. Breeding and genetic methods and programs for breeding new lines and creating competitive crosses of egg and meat chickens. Saint Petersburg-Pavlovsk: OOO SPb PSA Pavel VOG; 2010. 164 p.

5. Zhao J., et al. Interacting networks of the hypothalamic-pituitary-ovarian axis regulate layer hens performance. Genes. 2023;14(1):141.

6. Hlokoe V. R., Tyasi T. L., Gunya B. Chicken ovarian follicles morphology and growth differentiation factor 9 gene expression in chicken ovarian follicles. Heliyon. 2022;8(1).

7. Mishra B., Sah N., Wasti S. Genetic and hormonal regulation of egg formation in the oviduct of laying hens. In: Poultry-an advanced learning. IntechOpen; 2019.

8. Laptev G. Yu. et al. The results of the creation of a catalog of prognostic genes-markers of reproductive longevity of egg poultry.

9. Niu X., Tyasi T. L., Qin N., Liu D., Zhu H., Chen X., et al. Sequence variations in estrogen receptor 1 and 2 genes and their association with egg production traits in Chinese Dagu chickens.

10. Korshunova L. G. and others. Associations of single-nucleotide substitutions in candidate genes with economically useful traits in chickens (Gallus gallus domesticus L.) (review). Agricultural Biology 2023;58(2):205—222.

11. Bai J, Fan HD, Lu X. Association analysis between ESR gene and egg production performance of laying quails. Brazilian Journal of Poultry Science. 2023;25(4):eRBCA-2022-1706.

12. Ma Y., et al. Identifying artificial selection signals in the chicken genome. PLoS One. 2018;13(4):e0196215.

13. Sinclair-Black M., Garcia R. A., Ellestad L. E. Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. Frontiers in Physiology. 2023;14:1112499.

14. Martin T. J. Parathyroid hormone-related protein, its regulation of cartilage and bone development, and role in treating bone diseases. Physiological Reviews. 2016;96(3):831—871.

15. LaVoie H. A., King S. R. Transcriptional regulation of steroidogenic genes: *STARD1, CYP11A1* and *HSD3B*. Experimental Biology and Medicine. 2009;234(8):880—907.

16. Yazawa T., et al. Transcriptional regulation of ovarian steroidogenic genes: recent findings obtained from stem cell-derived steroidogenic cells. BioMed Research International. 2019;2019:1–13.

17. Pinheiro P. L., et al. Functional characterization and evolution of PTH/PTHrP receptors: insights from the chicken. BMC Evolutionary Biology. 2012;12(1).

УДК: 636.2.034
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.305

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВОДНОГО СКРЕЩИВАНИЯ КОСТРОМСКОГО СКОТА С БЫКАМИ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ

Абилов А. И.[1]* — д-р биол. наук, заслуженный деятель науки, главный научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных; **Корнеенко-Жиляев Ю. А.**[1,2] — канд. биол. наук, директор ООО «Венера-Вет; **Нарожных К. Н.**[1,3] — канд. биол. наук, доцент кафедры прикладной биоинформатики.

[1]ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста.

[2]ООО «Венера-Вет».

[3]ФГБОУ ВО Университет биотехнологий.

*ahmed.abilov@mail.ru.

Ключевые слова: *костромская порода, швицкая порода, вводное скрещивание, доля кровности, пожизненный удой, продуктивное долголетие, корреляционный анализ, регрессионная модель.*

Keywords: *Kostroma breed, Brown Swiss breed, introductory crossing, blood percentage, lifetime milk yield, productive longevity, correlation analysis, regression model.*

Финансирование: *работа выполнена в рамках темы госзадания № FGGN-2024-0014 и по договору НИР о научном сотрудничестве. Авторы выражают большую благодарность специалистам ОАО Племзавода «Караваево» и сотрудникам племенной службы АО «ГЦВ», за оказанную помощь при подборе материала.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *В статье представлены результаты комплексного исследования влияния степени швицизации на реализацию жизненного потенциала коров костромской породы в условиях племзавода (Костромская область). Проведен ретроспективный анализ показателей пожизненного использования 432 коров. Животные были распределены на четыре группы в зависимости от доли кровности по швицкой породе: низкая (≤ 50 %), средняя (51—75 %), высокая (76—88 %) и очень высокая (>88 %). Статистическая обработка данных выполнена в среде R с использованием рангового корреляционного анализа Спирмена, критерия Краскела-Уоллиса и линейного регрессионного моделирования. Установлена статистически значимая отрицательная корреляция между долей кровности по улучшающей породе и продолжительностью жизни (rs=−0,25; p<0,001), а также валовым пожизненным удоем (rs=−0,15; p<0,01). Выявлено, что наилучшими хозяйственно-биологическими показателями характеризуются животные с низкой кровностью (≤50 %), медианный пожизненный удой которых составил 32232 кг, что достоверно выше показателей остальных групп. Высококровные помеси реализуют «быструю» модель продуктивности, демонстрируя высокий индекс удоя на день жизни (MDL≈13,66 кг), но отличаются ранним выбытием. Построенная регрессионная модель показала, что более 80 % вариации пожизненной продуктивности обусловлено фактором времени, при этом каждый дополнительный день жизни увеличивает итоговый надой на 16,6 кг. Также отмечено снижение жирномолочности с 4,17 % у низкокровных до 4,05 % у высококровных животных. Стратегия поглотительного скрещивания в условиях данного стада неэффективна. Для максимизации валового производства молока и сохранения адаптационных качеств костромской породы рекомендуется поддерживать долю кровности по швицкой породе на уровне не более 50—75 %.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**. Стратегия генетического совершенствования локальных пород крупного рогатого скота в последние десятилетия претерпела существенные изменения [1, 2]. В стремлении к быстрой интенсификации молочного производства широкое распространение получил метод поглотительного или вводного скрещивания аборигенного скота с быками-производителями специализированных мировых пород, в частности, швицкой и бурой швицкой американской селекции [3, 4]. Для костромской породы — уникального отечественного генотипа, сочетающего высокую молочную продуктивность с крепостью конституции и долголетием, — данный подход рассматривался как основной инструмент повышения обильномолочности и улучшения морфологических признаков вымени [5, 6].

Однако практика показывает, что линейное увеличение доли наследственности улучшающей породы не всегда приводит к пропорциональному росту экономической эффективности животного [7]. Феномен гетерозиса, ярко проявляющийся у помесей первого поколения, нередко затухает при

дальнейшем повышении кровности, а нарушение коадаптированных генных комплексов локальной породы может приводить к снижению адаптационных качеств [8]. В условиях промышленных комплексов это часто выражается в сокращении сроков продуктивного использования, снижении плодовитости и ухудшении качественных показателей молока, что нивелирует выгоду от разового увеличения удоя за лактацию [9].

Существующие исследования в области разведения костромского скота фокусируются преимущественно на оценке продуктивности помесей за отдельные лактации (чаще всего первую или наивысшую) [11, 12]. При этом комплексная оценка «пожизненной траектории» животных с разной долей кровности остается малоизученной. Открытым остается вопрос поиска оптимального генотипа, обеспечивающего баланс между интенсивностью лактационной деятельности и способностью организма выдерживать метаболические нагрузки на протяжении длительного времени. Понимание этих закономерностей критически важно для корректировки селекционных программ и предотвращения необоснованного вытеснения ценного генофонда костромской породы.

Целью настоящей работы являлось установление оптимальной доли кровности по швицкой породе при разведении костромского скота на основе сравнительного анализа показателей пожизненной молочной продуктивности, качественного состава молока и продолжительности хозяйственного использования маточного поголовья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования проводились на базе племенного завода (Костромская область), являющегося ведущим репродуктором скота костромской породы. Объектом ретроспективного наблюдательного исследования послужила выборка из 432 голов коров, выбывших из стада или продолжающих лактацию, имеющих подтвержденные данные племенного учета о происхождении и показателях продуктивности. Генетическая структура анализируемой популяции сформирована на основе генофонда костромской породы с использованием вводного и поглотительного скрещивания с быками-производителями родственных пород — швицкой и бурой швицкой (преимущественно американской селекции).

Для реализации цели исследования и оценки влияния доли наследственности улучшающей породы на комплекс хозяйственно полезных признаков, исследуемое поголовье было стратифицировано на четыре группы. Градация осуществлялась на основе процентного содержания крови швицкой породы: первую группу (n=112) составили животные с низкой долей кровности (≤50 %), представляющие собой преимущественно генотипы, полученные при возвратном скрещивании или разведении «в себе» помесей; вторую, наиболее многочисленную группу (n=194), сформировали особи со средней долей кровности (51—75 %); в третью группу (n=111) вошли высококровные животные (76—88 %); четвертая группа (n=15) была представлена особями с очень высокой долей кровности (>88 %), фенотипически и генотипически приближенными к чистопородному швицкому скоту.

В качестве критериев оценки биологической и хозяйственной эффективности рассматривались показатели, характеризующие весь период использования животного: общая продолжительность жизни (Life Span), выраженная в днях от рождения до выбытия (для активной части стада — до даты последнего учета); валовый пожизненный удой (кг); средневзвешенная массовая доля жира в молоке за все лактации (%). Для объективного сравнения продуктивного потенциала животных с разной продолжительностью жизни рассчитывался индекс молочности на один день жизни (MDL — Milk per Day of Life), определяемый как отношение пожизненного удоя к количеству прожитых дней.

Статистическая обработка эмпирических данных выполнялась в среде статистических вычислений R (версия 4.5.2) с применением пакетов tidyverse и rstatix. Проверка нормальности распределения количественных признаков с помощью теста Шапиро-Уилка выявила отклонения от нормального закона распределения, а тест Левена показал неоднородность дисперсий в сравниваемых группах. В связи с этим для проверки статистических гипотез применялись непараметрические методы. Анализ сопряженности между долей кровности (как непрерывной переменной) и признаками продуктивности проводился методом ранговой корреляции Спирмена. Сравнение центральных тенденций в выделенных группах осуществлялось с использованием H-критерия Краскела-Уоллиса. При установлении достоверного влияния фактора кровности проводились апостериорные попарные сравнения (Post-hoc) с помощью критерия Данна с поправкой Бонферрони на множественность сравнений. Критический уровень значимости принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Первым этапом аналитической обработки массива данных стало выявление общих закономерностей сопряженности между долей наследственности улучшающей породы и комплексом хозяйственно-биологических признаков маточного поголовья. Результаты рангового корреляционного анализа Спирмена, представленные в таблице 1, позволили установить вектор селекционного давления, оказываемого вводным скрещиванием на популяцию костромского скота.

Данные таблицы 1 отражают наличие обратной зависимости между долей швицкой крови и показателями хозяйственного использования. Выявленная отрицательная корреляция с продолжительностью жизни ($r_s=-0,25$; $p<0,001$) свидетельствует о вероятном снижении адаптационных возможностей помесных животных. Применение генетического материала зарубежной селекции в стаде костромской породы сопряжено с формированием фенотипов, в меньшей степени приспособленных к технологиче-

Таблица 1 — Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s) между долей кровности по швицкой породе и показателями продуктивности

Table 1 — Spearman's rank correlation coefficients (r_s) between the proportion of Swiss bloodline and productivity indicators

Показатель (признак)	r_s	p	Характер связи
Продолжительность жизни (дни)	-0,25	<0,001	Отрицательная, значимая
Средняя жирность молока (%)	-0,17	<0,001	Отрицательная, значимая
Пожизненный удой (кг)	-0,15	0,002	Отрицательная, значимая
Пожизненный выход ECM (кг)	-0,14	0,003	Отрицательная, значимая
Индекс MDL (кг/день)	0,05	0,339	Связь отсутствует

ским стресс-факторам, следствием чего выступает сокращение периода эксплуатации маточного поголовья. отрицательная корреляция зафиксирована также для валового пожизненного удоя (rs=−0,15). В данном случае рост разовой лактационной продуктивности нивелируется ранним выбытием животных. Значение коэффициента корреляции на уровне −0,17 для доли жира указывает на изменение качественных характеристик молока пропорционально увеличению доли улучшающей породы. Отсутствие статистически подтвержденной связи между кровностью и индексом MDL (rs=0,05) показывает, что увеличение доли швицкой крови изолированно не детерминирует рост суточной интенсивности молокоотдачи. Применение поглотительного скрещивания в рассматриваемых условиях сопряжено с риском снижения итоговой экономической отдачи по причине сокращения срока жизни животных.

Детальный анализ валового пожизненного удоя в разрезе групп кровности (табл. 2) подтвердил результаты корреляционного анализа и выявил существенную гетерогенность выборки (H=22,91; p<0,001). Абсолютными лидерами по пожизненной продуктивности являются животные первой группы с низкой долей кровности (≤50 %). Медианное значение удоя в данной группе составило 32232 кг, что достоверно превосходит показатели всех остальных групп.

Регистрация сниженного медианного показателя удоя во второй группе (до 24922 кг) может являться следствием нивелирования эффекта гетерозиса у помесей последующих поколений, а также нарушения коадаптированных генных комплексов локальной породы. В третьей группе (76—88 %) фиксируется частичное восстановление продуктивности (медиана 28786 кг), которое при этом не достигает

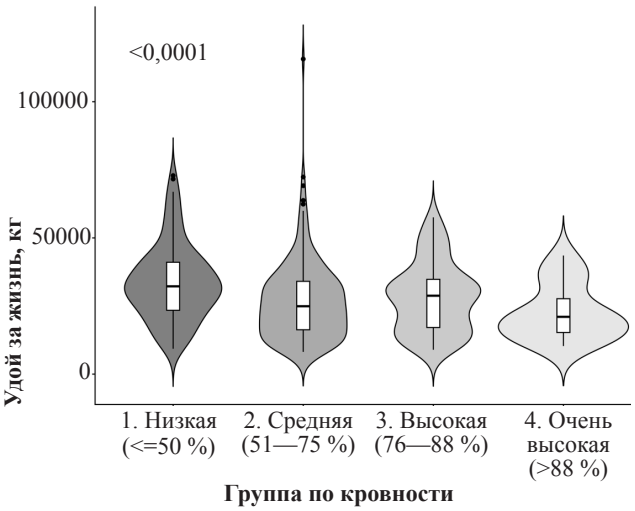


Рисунок 1 *— Влияние доли кровности на пожизненный удой коров. Наилучшие результаты демонстрируют особи с кровностью ≤50 %, тогда как дальнейшее повышение кровности ведет к снижению валового сбора молока.*

Figure 1 *— The effect of bloodline percentage on lifetime milk yield in cows. The best results are demonstrated by cows with bloodline percentage ≤50 %, while further increases in bloodline percentage lead to a decrease in gross milk yield.*

уровня животных с долей кровности ≤50 %. Оценка распределения признака (рис. 1) фиксирует смещение плотности удоя у низкокровных особей в область высоких значений. Для животных четвертой группы характерна локализация показателей в зоне низкой пожизненной продуктивности с суженным диапазоном варьирования признака.

Ключевым фактором, определяющим различия в пожизненном удое, является продолжительность

Таблица 2 — Показатели пожизненного удоя коров в зависимости от доли кровности по швицкой породе

Table 2 — Lifetime milk yield of cows depending on the proportion of Swiss bloodline

Группа по кровности	n	Me, кг	IQR, кг	Достоверность отличий к группе 1
1. Низкая (≤50 %)	112	32 232	17 634	–
2. Средняя (51—75 %)	194	24 922	17 776	<0,0001
3. Высокая (76—88 %)	111	28 786	17 700	0,023
4. Очень высокая (>88 %)	15	21 036	12 409	0,021

Таблица 3 — Продолжительность жизни коров различных генотипов

Table 3 — Life expectancy of cows of different genotypes

Группа по кровности	Me, дней	IQR, дней	Достоверность отличий к группе 1
1. Низкая (≤ 50%)	2450	952	–
2. Средняя (51–75%)	1955	1115	< 0,0001
3. Высокая (76–88%)	1802	1161	< 0,0001
4. Очень высокая (> 88%)	1671	579	< 0,001

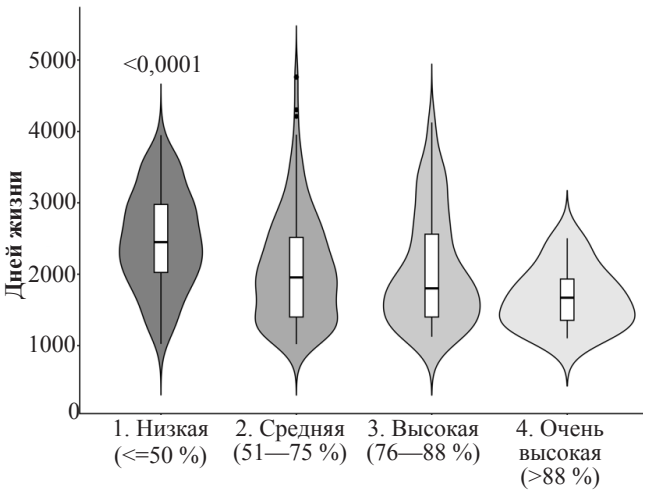


Рисунок 2 *— Динамика продолжительности жизни коров в зависимости от генотипа. Отчетливо прослеживается тренд на сокращение долголетия при увеличении доли крови швицкой породы.*

Figure 2 *— Lifespan dynamics of cows depending on genotype. A clear trend toward decreased longevity is evident with increasing proportion of Swiss blood.*

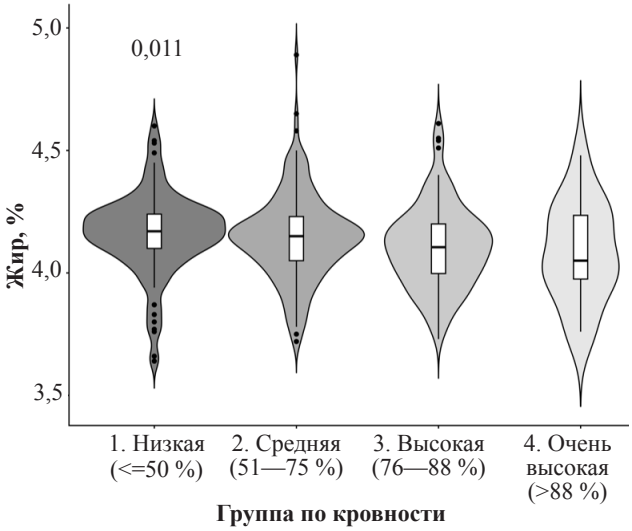


Рисунок 3 *— Изменчивость жирномолочности в разрезе групп кровности. Наблюдается снижение медианных значений и увеличение разброса показателей в высококровных группах.*

Figure 3 *— Variability of milk fat content by blood group. A decrease in median values and an increase in the spread of indicators are observed in high-blood groups.*

жизни животных. Анализ этого показателя выявил наиболее значимые различия между группами (H=36,87; p<0,001). Как следует из данных таблицы 3, животные с низкой кровностью (≤50 %) характеризуются исключительным долголетием. Так медиана продолжительности жизни составляет 2450 дней (около 6, 7 лет).

Повышение кровности свыше 50 % приводит к резкому сокращению сроков хозяйственного использования. Животные второй группы живут в среднем на 495 дней меньше, а третьей — на 648 дней меньше, чем низкокровные сверстницы. Это эквивалентно потере примерно 1,5 лактаций. Это может быть следствием снижения резистентности организма высококровных помесей к условиям промышленной технологии и возрастании риска метаболических нарушений, свойственных интенсивному типу скота. Рисунок 2 наглядно иллюстрирует этот тренд. Медианы групп неуклонно снижаются по мере роста доли «улучшающей» крови.

Анализ качественных показателей молока также свидетельствует в пользу сохранения генотипа костромской породы (рис. 3). Массовая доля жира (МДЖ) статистически значимо различается между группами (H=11,10; p=0,011). Наивысшие показатели жирномолочности (таблица 4) сохраняют животные с кровностью ≤50 % (4,17 %) и 51—75 % (4,15 %). В группе высококровных животных наблюда-

Таблица 4 — Средняя массовая доля жира в молоке за весь период использования

Table 4 — Average mass fraction of fat in milk over the entire period of use

Группа по кровности	Медиана МДЖ, %	IQR
1. Низкая (≤50 %)	4,17	0,14
2. Средняя (51—75 %)	4,15	0,18
3. Высокая (76—88 %)	4,10	0,20
4. Очень высокая (>88 %)	4,05	0,26

Таблица 5 — Индекс молочности на один день жизни (MDL)

Table 5 — Milk production index per day of life (MDL)

Группа по кровности	Медиана MDL, кг/день	IQR
1. Низкая (≤50 %)	13,00	3,86
2. Средняя (51—75 %)	12,28	3,79
3. Высокая (76—88 %)	13,66	4,29
4. Очень высокая (>88 %)	12,85	5,35

ется снижение медианного значения до 4,10 %, а в группе поглотительного скрещивания — до 4,05 %. Различия между крайними вариантами (группа 1 и группа 3) статистически достоверны ($p<0,01$). Это подтверждает, что прилитие крови современных швицев, селекционируемых преимущественно на обильномолочность, ведет к «разжижению» молока.

Интересные закономерности были выявлены при анализе индекса молочности на день жизни, который отражает интенсивность физиологических процессов синтеза молока (табл. 5). Несмотря на более низкий валовый удой, высококровные животные (группа 3) демонстрируют наивысший показатель MDL — 13,66 кг/день, что статистически значимо выше, чем у животных второй группы (12,28 кг/день, $p=0,013$).

Это указывает на то, что высококровные помеси функционируют в режиме повышенной метаболической напряженности, обеспечивая интенсивную молокоотдачу в сжатые сроки жизни. В то же время животные с низкой кровностью (группа 1) имеют сопоставимый уровень MDL (13,00 кг/день), но способны поддерживать его на протяжении значительно более долгого времени, что и обеспечивает им лидерство по валовому выходу продукции. Провал в продуктивности и интенсивности во второй группе, вероятно, связан с неудачным сочетанием генотипов при получении промежуточных помесей.

Обобщающая картина взаимосвязи долголетия и продуктивности представлена на корреляционном поле (рис. 4). График демонстрирует, что особи с низкой кровностью (обозначены кругами)

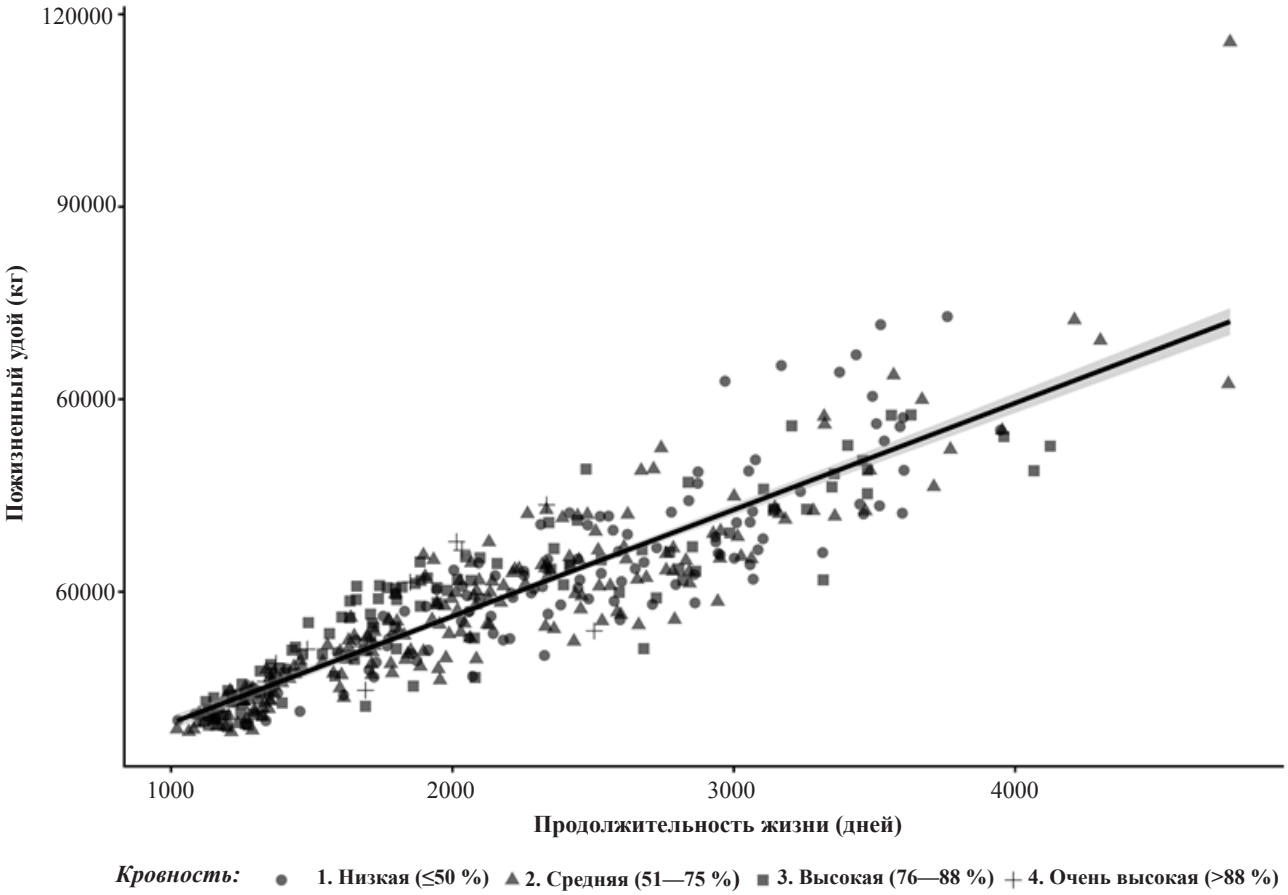


Рисунок 4 *— Корреляционное поле зависимости пожизненного удоя от продолжительности жизни. Форма маркеров отражает принадлежность к группе кровности. Видно преимущество низкокровных животных в зоне максимального долголетия.*

Figure 4 *— Correlation field of lifetime milk yield versus longevity. The shape of the markers reflects blood group membership. The advantage of low-blood animals in the zone of maximum longevity is evident.*

формируют «хвост» распределения в зоне высокого долголетия (>3000 дней) и максимальных удоев, тогда как высококровные животные концентрируются в левой части графика.

Для математического описания выявленной закономерности был проведен регрессионный анализ. Расчет непараметрического коэффициента корреляции Спирмена подтвердил наличие очень сильной, прямой и статистически высокозначимой связи между продолжительностью жизни и валовым пожизненным удоем (rs=0,914; p<0,001). Это указывает на то, что в условиях данной популяции фактор времени является доминирующим по отношению к фактору интенсивности лактации. Аппроксимация эмпирических данных позволила построить линейную регрессионную модель, описывающую зависимость накопления продукции от времени использования животного, которая выражается уравнением:

$$y=16,59x-7058,65,$$

где y — прогнозируемый пожизненный удой (кг), а x — продолжительность жизни (дни).

Полученный коэффициент регрессии (16,59) определяет расчетный суточный прирост валовой продукции на каждую дополнительную единицу времени нахождения животного в основном стаде. Присутствующий в уравнении свободный член (–7058,65) выступает математической поправкой на непроизводительный период выращивания ремонтного молодняка. Рассчитанный коэффициент детерминации (R2=0,807) указывает на то, что изменчивость пожизненного удоя более чем на 80 % подчинена фактору продолжительности жизни. На долю суточной интенсивности молокоотдачи и прочих неучтенных факторов остается менее 20 % дисперсии признака. Данное обстоятельство обнаруживает лимитирующий характер селекции, выстроенной вокруг параметров отдельной лактации в отрыве от показателей долголетия. Приращение доли швицкой крови сверх 50—75 % не дает пропорционального увеличения валовых надоев. Сохранение генотипов с кровностью до 50 % позволяет реализовать лактационный потенциал за счет сочетания физиологической нормы удоя и длительного срока эксплуатации маточного поголовья.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Итоги анализа данных ОАО Племзавода «Караваево» показал наличие биологических пределов для метода вводного скрещивания. Увеличение доли кровности по швицкой породу выше 50 % ведет статистически значимое снижение долголетия. Одновременно с этим падает валовой удой. Самый продолжительный период эксплуатации характерен для животных с кровностью 50 % и менее. Животные с большей кровность по улучшающей породе быстрее выбывают.

Построенные регрессионные модели подтверждает основную роль фактора времени, которая определяет 80,7 % дисперсии пожизненной продуктивности. Величина расчетного суточного прироста составила 16,59 кг. Показатели индекса MDL при этом остаются на сопоставимом уровне (12—13 кг) без фиксации значимых различий между группами. Основным инструментом обеспечения рентабельности стада в такой ситуации выступает увелечение сроков хозяйственного использования поголовья. Дополнительно отмечается проблема снижения массовой доли жира. Выявленная отрицаетльная связь данного признака с кровностью (rs=−0,17), что ведет к снижению сыропригодных качеств молока. Практическая реализация племенных программ требует ограничение доли швицкой крови в диапазоне 50—75 %. Получение животных с превышением этих значений должно сопровождаться изменением норм кормления и содержания животных для снижения физиологической нагрузки на организм животных. Направление дальнейшей селекционной работы необходимо направить на консолидацию признаков конституциональной крепости.

EFFECTIVENESS OF INTRODUCTORY CROSSING OF KOSTROMA CATTLE WITH BROWN SWISS BULLS

Abilov A. I.[1] — Doctor of Biological Sciences, Honored Scientist, Chief Researcher, Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding; **Korneenko-Zhilyaev Yu. A.**[1,2] — PhD in Biological Sciences, Director of Venera-Vet LLC; **Narozhnykh K. N.**[1,3] — PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Applied Bioinformatics.

[1]Federal State Budgetary Scientific Institution, L.K. Ernst Research Center for Veterinary and Gynecological Research.

[2]Venera-Vet LLC.

[3]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, University of Biotechnology.

*ahmed.abilov@mail.ru.

ABSTRACT. *The article presents the results of a comprehensive study on the impact of the degree of «Swiss-breeding» (upgrading) on the realization of the life potential of Kostroma cows at the breeding plant. A retrospective analysis of lifetime performance indicators of 432 cows from the «Karavaevo» breeding plant (Kostroma region) was conducted. Animals were stratified into four groups based on the percentage of Brown Swiss blood: low (≤50 %), medium (51—75 %), high (76—88 %), and very high (>88 %). Statistical data processing was performed in the R environment using Spearman's rank correlation analysis, Kruskal-Wallis*

test, and linear regression modeling. A statistically significant negative correlation was established between the share of improving breed blood and life span (rs=−0,25; p<0,001), as well as total lifetime milk yield (rs=−0,15; p<0,01). It was revealed that animals with low blood percentage (≤50 %) possess the best economic and biological characteristics, with a median lifetime yield of 32232 kg, which is significantly higher than in other groups. High-grade crosses implement a «sprinter» productivity model, demonstrating a high Milk per Day of Life index (MDL≈13,66 kg), but are characterized by early culling. The constructed regression model proved that 80 % of the variation in lifetime productivity is driven by the time factor, with each additional day of life increasing the total yield by 16,6 kg. A decrease in butterfat content from 4,17 % in low-blood cows to 4,05 % in high-blood animals was also noted. The strategy of upgrading crossing (top-crossing) under the conditions of this herd is recognized as inefficient. To maximize gross milk production and preserve the adaptive qualities of the Kostroma breed, it is recommended to maintain the share of Brown Swiss blood at a level of no more than 50—75 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хамзина А. К., Юрченко А. А. и др. История, современное состояние и генетическая характеристика локальных пород крупного рогатого скота Республики Казахстан // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 28, № 4. С. 416—423.

2. Chimidova N. V., Ubushieva A. V. et al. Use of biotechnological methods for accelerated improvement of Kalmyk cattle // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2025. Vol. 17, № 6—2. P. 475—493.

3. Русанова С. А., Кольцов Д. Н. Мониторинг аллелей генетических маркеров в процессе селекции крупного рогатого скота бурой швицкой породы // Технические культуры. Научный с.-х. журнал. 2023. Т. 3, № 4 (10). С. 71—77.

4. Чавтараев Р. М. Результаты скрещивания кавказских бурых коров с швицким быком в горной провинции Дагестана // Горное сельское хозяйство. 2022. № 1. С. 58—61.

5. Позднякова В. Ф., Авдеев Д. С., Поздняков И. А. Эффективность скрещивания коров костромской породы с быками абердин-ангусской и лимузинской пород // Евразийский союз ученых. 2014. № 5—6 (5). С. 17—19.

6. Баранова Н. С., Фураева Н. С. и др. Определение оптимальных параметров кровности по бурой швицкой породе при совершенствовании скота костромской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 4. С. 13—18.

7. Sarmiento-García A., Vieira-Aller C. Improving fatty acid profile in native breed pigs using dietary strategies: A review // Animals. 2023. Vol. 13, no. 10. P. 1696.

8. Скворцова Е. Г. Влияние доли кровности по голштинской породе на продуктивное долголетие черно-пестрого скота // Вестник биотехнологии. 2020. № 1 (22). С. 15.

9. Ribeiro A. M. F., Sanglard L. P. et al. Genetic parameters, heterosis, and breed effects for body condition score and mature cow weight in beef cattle // Journal of Animal Science. 2022. Vol. 100, no. 2. P. skac017.

10. Королев А. А., Баранова Н. С. Анализ выполнения целевых показателей плана селекционно-племенной работы с костромской породой скота в Костромской области // Аграрный вестник Нечерноземья. 2024. № 2 (14). С. 51—58.

11. Сиротина М. В., Мурадова Л. В. Строение носо-губного зеркала и продуктивность крупного рогатого скота костромской породы // Вестник Костромского гос. университета им. Н. А. Некрасова. 2007. Т. 13, № 1. С. 19—22.

12. Баранова Н. С., Королев А. А., Казаков Д. С. Молочная продуктивность и срок продуктивного использования коров костромской породы в племзаводе «Караваево» Костромской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 96—102.

REFERENCES

1. Khamzina A.K., Yurchenko A.A., Yudin N.S., Ibragimov P.Sh., Usenbekov E.S., Larkin D.M. History, current state and genetic characteristics of local cattle breeds of the Republic of Kazakhstan // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2024. Vol. 28, No. 4. P. 416—423.

2. Chimidova N. V., Ubushieva A. V. et al. Use of biotechnological methods for accelerated improvement of Kalmyk cattle // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2025. Vol. 17, No. 6—2. pp. 475—493.

3. Rusanova S. A., Koltsov D. N. Monitoring of alleles of genetic markers in the process of selection of Brown Swiss cattle // Technical crops. Scientific agricultural journal. 2023. Vol. 3, No. 4 (10). P. 71—77.

4. Chavtaraev R. M. Results of crossing Caucasian Brown cows with a Swiss bull in the mountainous province of Dagestan // Mountain agriculture. 2022. No. 1. P. 58—61.

5. Pozdnyakova V. F., Avdeev D. S., Pozdnyakov I. A. Efficiency of crossing Kostroma cows with Aberdeen Angus and Limousin bulls // Eurasian Union of Scientists. 2014. No. 5—6 (5). P. 17—19.

6. Baranova N. S., Furaeva N. S., Zvereva E. A., Korolev A. A., Vorobyeva S. S. Determination of optimal parameters of Brown Swiss bloodline in improving Kostroma cattle // Dairy and beef cattle breeding. 2024. No. 4. pp. 13—18.

7. Sarmiento-García A., Vieira-Aller C. Improving fatty acid profile in native breed pigs using dietary strategies: A review // Animals. 2023. Vol. 13, no. 10. p. 1696.

8. Skvortsova E. G. Effect of the proportion of Holstein bloodline on the productive longevity of Black-and-White cattle // Bulletin of Biotechnology. 2020. No. 1 (22). P. 15.

9. Ribeiro A. M. F., Sanglard L. P. et al. Genetic parameters, heterosis, and breed effects for body condition score and mature cow weight in beef cattle // Journal of Animal Science. 2022. Vol. 100, no. 2. P. skac017.

10. Korolev A. A., Baranova N. S. Analysis of the fulfillment of target indicators of the selection and breeding plan for the Kostroma cattle breed in the Kostroma region // Agrarian Bulletin of the Non-Black Earth Region. 2024. No. 2 (14). P. 51—58.

11. Sirotina M. V., Muradova L. V. Structure of the nasolabial mirror and productivity of Kostroma cattle // Bulletin of the Kostroma State University named after N. A. Nekrasov. 2007. Vol. 13, No. 1. P. 19—22.

12. Baranova N. S., Korolev A. A., Kazakov D. S. Milk productivity and the period of productive use of Kostroma cows at the Karavaevo breeding farm in the Kostroma region // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2024. No. 1 (65). P. 96—102.

УДК: 636.1.082.455:612.13
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.312

СВЯЗЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОГЕСТЕРОНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЦИКЛИРУЮЩИХ КОБЫЛ С ПЛОЩАДЬЮ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ КРОВОСНАБЖЕНИЯ ЖЁЛТОГО ТЕЛА

Солодова Е. В.[1] — канд. биол. наук, старший научный сотрудник (ORCID 0000-0003-3495-3478); **Лебедева Л. Ф.**[1]* — д-р с.-х. наук, зав. лаб. физиологии (ORCID 0000-0001-6960-5233); **Сакаев В. А.**[1] — мл. науч. сотрудник; **Левицкая В. Д.**[1] — мл. науч. сотрудник (ORCID 0009-0003-5825-1152).

Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства имени академика В. В. Калашникова.

*Lebedeva-L-18@yandex.ru.

Ключевые слова: *диэструс, жёлтое тело, доплер, кровоток.*

Key words: *diestrus, corpus luteum, Doppler, blood flow.*

Поступила в редакцию / Received: 28.03.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *С целью выявления корреляционных связей между концентрацией прогестерона в сыворотке крови кобыл, площадью жёлтого тела и параметрами кровотока в нём на доплерограммах, полученных в режиме Power-Mode Doppler, было проведено соответствующее исследование в естественных циклах и циклах с индуцированным лютеолизом, а также сравнение визуальной оценки кровотока и результатов компьютерной системы анализа изображений в программе ImageJ. Ультразвуковые исследования проводили на 10 кобылах экспериментальной конюшни ФГБНУ ВНИИ коневодства. С помощью компьютерного анализа доплерограмм жёлтых тел вышеуказанные характеристики были определены в периоды: 0—4, 5—7, 8—12, 13—16 дни полового цикла кобыл (0 — день овуляции). Статистическую обработку материала проводили с помощью программы Excel и Statistica 12. Различия между периодами оценивались с помощью непараметрического критерия U-критерий Манна — Уитни с уровнем значимости p<0,05. Обработанные данные по периодам представлены в виде медианы (M) и верхнего и нижнего квартилей (LQ-UQ). Связь между показателями рассчитывали с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Анализ коэффициента корреляции показал положительную умеренную связь концентрации прогестерона в сыворотке крови с площадью кровотока и оценкой интенсивности кровотока в баллах (r=0,33 и r=0,3; p<0,05). Установлена тесная положительная связь (r=0,7-0,8; p<0,05) между оценкой показателей кровотока с помощью компьютерной системы анализа (ImageJ) и визуальной оценкой кровотока в баллах. В период индуцированного лютеолиза найдена тесная положительная связь (r=0,82; p<0,05) между концентрацией прогестерона и площадью жёлтого тела и значительная положительная связь (r=0,66; p<0,05) между площадью жёлтого тела и площадью кровотока. Полученные данные могут иметь полезное прогностическое значение при оценке функциональной активности желтого тела у кобыл.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Одним из основных стероидных гормонов, регулирующих воспроизводительную функцию, кобыл является прогестерон. Он вырабатывается в лютеальных клетках жёлтого тела яичника и является главным гормоном, необходимым для подготовки матки к восприятию плода и поддержания жерёбости. У кобыл жёлтые тела яичников являются основным источником прогестерона до 80—100 дня жерёбости. С помощью ультразвуковой диагностики яичников, которая позволяет определить наличие или отсутствие жёлтого тела, его характеристики (размер, эхогенность), можно сделать выводы о периоде сезонной половой цикличности, в котором находится кобыла, фазе полового цикла, заключение о функциональном состоянии яичников в период ранней жерёбости. Функциональная активность жёлтого тела определяется по концентрации прогестерона в сыворотке крови [1]. Однако получение результатов гормонального анализа, как правило, занимает более одного дня, а решение о назначении прогестиновой терапии для предотвращения эмбриональной гибели должно приниматься немедленно. Работы по изучению зависимости уровня прогестерона от характеристик жёлтого тела проводились многими исследователями, однако, они не показали однозначных результатов [3—8]. Поэтому, исследование параметров жёлтого тела и их связи с уровнем прогестерона остаётся актуальным и в настоящее время.

С усовершенствованием ультразвуковых аппаратов появилась возможность проводить более точную оценку функционального состояния жёлтого тела. Так, если раньше жёлтое тело оценивали по размерам и степени эхогенности (В-режим) [7], то в настоящее время с помощью функции

цветового или энергетического доплера можно оценить уровень его кровоснабжения [2, 6, 8, 9].

С использованием энергетического доплера (Power-Mode Doppler) Bollwein et.al. [3] установлено, что циркуляция крови в жёлтом теле достигает своего максимума на 5-й день после овуляции, перед максимальным подъемом концентрации прогестерона в периферической крови (на 7-й день после овуляции). Это указывает, что увеличение васкуляризации жёлтого тела является важной предпосылкой для роста и дифференцировки лютеиновых клеток. В работах Bollwein, Ginther et.al., P.T. Brogan et. al. [3, 4, 8] установлена корреляция между изменениями диаметра, площади, интенсивностью кровотока в жёлтом теле и концентрацией прогестерона в плазме крови. Однако, Gomes, T. J. S. [6] не обнаружила связи между поперечными диаметрами, площадью, объемом жёлтого тела и концентрацией прогестерона. Ginther et al. [8] показали, что большая площадь кровотока наблюдается через два дня после максимальной концентрации прогестерона, а скорость уменьшения площади кровотока в жёлтом теле больше, чем скорость снижения уровня прогестерона в плазме.

Одним из гормональных препаратов, применяемых для сокращения диэструса, является клопростенол – искусственный аналог ПГФ2а, который оказывает прямое воздействие на жёлтое тело, вызывая его регрессию. Исследование изменений в жёлтом теле в В- режиме и режиме Power-Mode Doppler позволяет оценить влияние препарата уже через 24 часа после применения.

С целью выявления корреляционных связей между концентрацией прогестерона, площадью жёлтого тела и параметрами кровотока в нём с помощью УЗИ исследования в режиме Power-Mode Doppler было проведено изучение динамики уровня прогестерона в сыворотке крови, площади желтого тела и площади кровотока в нём в естественных циклах и циклах с индуцированным лютеолизом, а также сравнение визуальной оценки кровотока и оценки с помощью компьютерной системы анализа изображений в программе ImageJ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Ультразвуковые исследования проводили на 10 кобылах экспериментальной конюшни ФГБНУ ВНИИ коневодства. Исследования проводили на аппарате Mindray Vetus E7 в В-режиме и режиме энергетического доплера (Power-Mode Doppler), так как он имеет более высокую чувствительность в отображении кровотока в мелких сосудах по сравнению с цветовым доплером [8]. Пробы крови на содержание прогестерона брали перед исследованием жёлтых тел в контрольном цикле в один из дней следующих периодов диэструса: 0—4, 5—7, 8—12 и 13—16 сутки после овуляции. В цикле с индуцированным лютеолизом брали кровь и фиксировали УЗИ — изображения жёлтых тел в режиме Power-Mode Doppler до инъекции клопростенола (0,8 мл) и через 1, 3, 5 дней у трёх кобыл. В случаях, когда на 5 день кобыла приходила в эструс, жёлтое тело у нее не визуализировалось, поэтому кровь на прогестерон не брали.

После обследования в В-режиме активировали режим Power-Mode для цветного картирования потока крови в жёлтом теле в различных поперечных сечениях. После идентификации жёлтого тела ультразвуковое изображение замораживалось в области максимального диаметра. Цвет отображался в режиме Power-Mode, в котором количество цветных пикселей на ультразвуковом изображении соотносилось с количеством движущихся клеток крови. Чтобы минимизировать вариации в снимках, каждое доплеровское исследование выполнялись при постоянной настройке частоты (5 МГц), усиления цвета (50), скорости (5 см/сек) и настройке фильтра цветового потока (1). Сканирование жёлтого тела проводилось в медленном непрерывном движении. После заморозки оптимальные изображения (снимки без артефактов и с максимальным количеством цветных пикселей) были сохранены и перенесены на компьютер для обработки в программе ImageJ (LOCI, University of Wisconsin). Оцениваемыми параметрами были: площадь жёлтого тела, площадь кровотока в нём. ImageJ — это программное обеспечение с открытым исходным кодом для обработки и анализа изображений. Количество цветных пикселей в программе автоматически переводилось в площадь ($см^2$) и соответствовало площади кровотока. Для сравнения была проведена также визуальная оценка кровотока в баллах: слабый кровоток — 1—1,5; средний —2—2,5; сильный — 3—3,5 балла.

Забор крови кобыл для определения концентрации прогестерона проводили из яремной вены перед ультразвуковым исследованием. Кровь отстаивали в течение 30 минут и центрифугировали в режиме 3000 об/мин в течение 15 минут, после чего сыворотку замораживали. Концентрацию прогестерона определяли методом иммунохемилюминесцентного анализа в лаборатории ООО «Центр Здоровья», г. Рязань.

Статистическую обработку материала проводили с помощью программы Excel и Statistica 12. Различия между периодами оценивались с помощью непараметрического критерия U-критерий Манна-Уитни с уровнем значимости $p<0,05$. Обработанные данные по периодам представлены в виде медианы (M) и верхнего и нижнего квартилей (LQ-UQ). Связь между показателями рассчитывали с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Наши наблюдения показали, что наибольшая концентрация прогестерона и площадь кровотока наблюдаются во втором и третьем периодах, а наибольшая площадь жёлтого тела в первом и втором периодах лютеогенеза (табл. 1). Таким образом, достоверная разница в концентрации прогестерона, площади кровотока и интенсивности кровотока в баллах найдена между 1 и 2 периодами, что отражает различия в функциональной активности жёлтого тела в период формирования (до 5 дня после овуляции) и в период

Таблица 1 — Динамика концентрации прогестерона, площади жёлтого тела и показателей кровоснабжения желтого тела в половом цикле кобыл

Table 1 — Dynamics of progesterone concentration, corpus luteum area and corpus luteum blood supply indicators in the estrous cycle of mares

Показатели		Периоды (дни цикла), n			
		I (0—4), 10	II (5—7), 15	III (8—12), 14	IV (13—16), 7
Концентрация прогестерона, нг/мл	M	4,03[1]	14,6[2]	14,7[11]	8,1[12]
	LQ—UQ	1,9—8,2	9,7—17,8	11,1—17,9	2,5—10,8
Площадь жёлтого тела, см^2	M	9,6	8,9[9]	7,0[10]	5,4
	LQ—UQ	6,8—12,0	8,6—10,3	6,3—9,3	3,1—7,4
Площадь кровотока в желтом теле, см^2	M	0,7[3]	1,3[4]	1,2	0,7
	LQ—UQ	0,5—1,1	0,8—1,5	0,8—1,5	0,3—1,2
Визуальная оценка интенсивности кровотока, в баллах	M	1,25[7]	2[8]	2,5	2,5
	LQ—UQ	1—2	1,5—3	2—3	1—3

$p^{1,2}$=0,0025; $p^{3,4}$=0,0136; $p^{5,6}$=0,0146; $p^{7,8}$=0,0146; $p^{9,10}$=0,0275; $p^{11,12}$=0,023.

наивысшей активности (5—7 дни цикла).

Между 2 и 3 периодами найдена достоверная разница только в площади жёлтого тела, что свидетельствует об уменьшении его размера в 3 периоде. В четвёртом периоде площадь жёлтого тела и площадь кровотока значительно снижаются, однако достоверную разницу между 3 и 4 периодами мы наблюдали только в концентрации прогестерона (p=0,0023). Возможно, это связано с небольшим объёмом выборки в данный период.

Анализ коэффициента корреляции, в целом, во всех периодах показал умеренную положительную связь концентрации прогестерона в сыворотке крови с площадью кровотока и оценкой интенсивности кровотока в баллах (r=0,33 и r=0,3; p<0,05). В 1, 2 и 3 периодах найдена тесная положительная связь (r=0,7—0,8; p<0,05) между площадью кровотока и оценкой кровотока в баллах, что говорит о приемлемости визуальной оценки кровотока в эти периоды. Тот же вывод представлен в исследованиях Ferreira, C. S. C. et. al. [9].

Неожиданно, при анализе 2 периода (5—7 день цикла) (т.е. при высоком уровне концентрации прогестерона в сыворотке крови) мы обнаружили значительную, но отрицательную связь (r = -0,52; p<0,05) концентрации прогестерона и площади кровотока. Возможно, данный факт можно объяснить тем, что с 5 по 7 день количество секреторных клеток начинает преобладать над площадью микроциркуляторного русла кровеносных сосудов в жёлтом теле, и связан с функциональной зрелостью жёлтого тела и потенциалом его развития.

Анализ корреляционных связей в течении 5 суток после инъекции клопростенола показал достоверную тесную положительную связь (r=0,82; p<0,05) между концентрацией прогестерона и площадью жёлтого тела, значительную положительную связь (r=0,66; p<0,05) между площадью жёлтого тела и площадью кровотока в период регрессии жёлтого тела. В подтверждение данных выводов представлены доплерограммы (рис. 3) одной из кобыл в режиме Power-Mode Doppler и графическое изменение (рис. 4) исследуемых показателей жёлтых тел, в среднем, по трём кобылам до и после

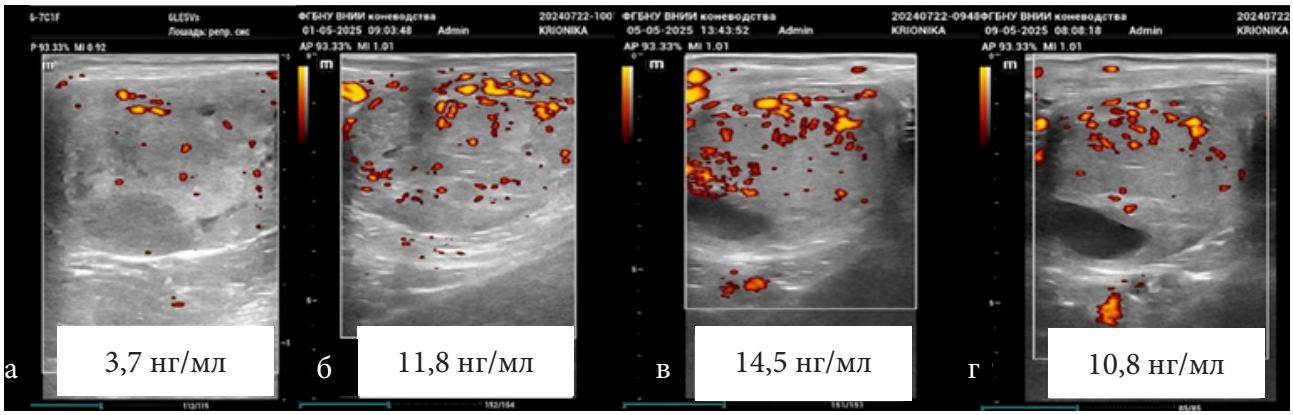


Рисунок 1 *— Доплерограммы жёлтых тел и концентрация прогестерона у кобылы через 1 сутки (а), на 5 (б), 10 (в), 14 (г) день после овуляции в естественном цикле.*

Figure 2 *— Dopplerograms of the corpora lutea and progesterone concentration in a mare 1 day (a), 5 (b), 10 (c), 14 (d) days after ovulation in a natural cycle.*

инъекции (клопростенол). На серии последовательно сделанных снимков видно постепенное уменьшение площади жёлтого тела при снижении уровня прогестерона рис. 4).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В результате проведенных исследований установлены доплерографические характеристики жёлтого тела (площадь и площадь кровотока в жёлтом теле) в течение диэструса, а также наличие взаимосвязи между данными показателями и уровнем прогестерона в сыворотке крови кобыл. Полученные данные продемонстрировали приемлемость визуальной оценки кровотока желтого тела у кобыл в процессе УЗИ диагностики в режиме Power-Mode Doppler и могут иметь полезное диагностическое и прогностическое значение при оценке функциональной активности желтого тела у кобыл. Исследования будут продолжены.

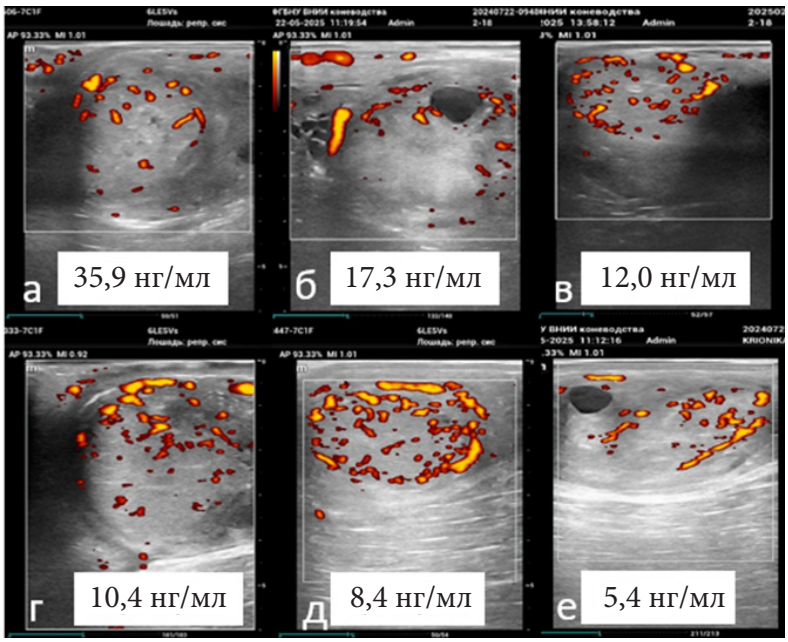


Рисунок 2 *— Доплерограммы желтых тел и концентрация прогестерона в сыворотке крови у разных кобыл во втором периоде лютеогенеза (5—7 день цикла).*

Figure 2 *— Dopplerograms of the corpora lutea and serum progesterone concentrations in different mares during the second period of luteogenesis (days 5—7 of the cycle).*

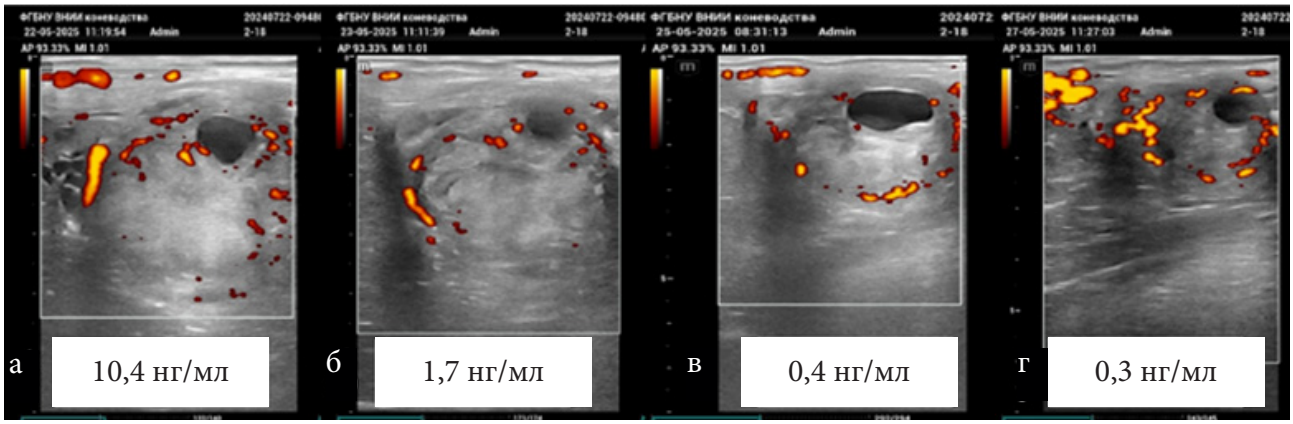


Рисунок 3 *— Доплерограммы желтых тел и концентрация прогестерона в сыворотке крови у одной и той же кобылы перед инъекцией (а) и через 1 (б), 3 (в), 5 (г) суток после инъекции эстрофана.*

Figure 3 *— Dopplerograms of the corpora lutea and the concentration of progesterone in the blood serum of the same mare before injection (a) and 1 (b), 3 (c), 5 (d) days after the injection of estrofan.*

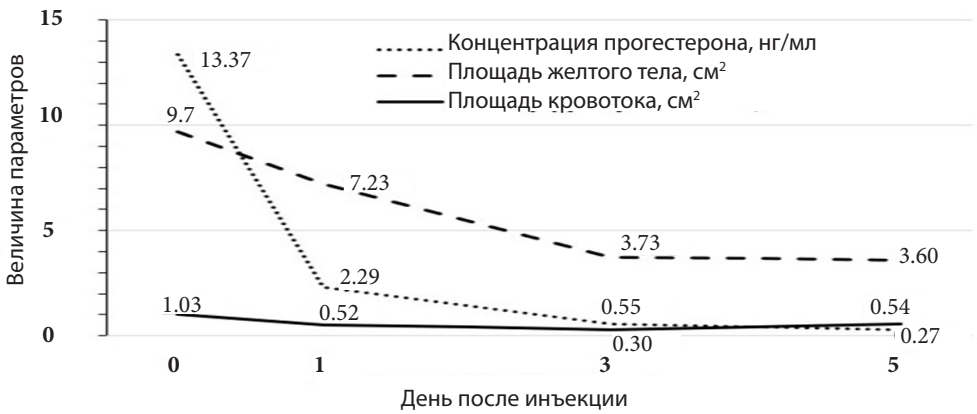


Рисунок 4 *— Динамика средних показателей концентрации прогестерона, площади жёлтого тела, площади кровотока в жёлтом теле у трёх опытных кобыл после инъекции клопростенола.*

Figure 4 *— Dynamics of average progesterone concentrations, corpus luteum area, and corpus luteum blood flow area in three experimental mares after cloprostenol injection.*

THE RELATIONSHIP BETWEEN CORPUS LUTEUM AREA, BLOOD SUPPLY PARAMETERS AND SERUM PROGESTERONE CONCENTRATION IN CYCLING MARES

Solodova E. V. — PhD, Senior Researcher, scientific co-workers (ORCID 0000-0003-3495-3478); **Lebedeva L. F.** — Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of Physiology lab. (ORCID 0000-0001-6960-5233); **Sakayev V. A.** — Junior Researcher; **Levitskaya V. D.** — Junior Researcher.

All-Russian Research Institute for Horse Breeding named after Academician V. V. Kalashnikov.

*Lebedeva-L-18@yandex.ru.

ABSTRACT. *To identify correlations between serum progesterone concentrations in mares, corpus luteum area, and blood flow parameters in the corpus luteum using Power-Mode Doppler Doppler images, a study was conducted in natural cycles and cycles with induced luteolysis. A comparison of visual blood flow assessment and the results of a computerized image analysis system using ImageJ was also conducted. Ultrasound examinations were performed on 10 mares from the experimental stable of the All-Russian Research Institute of Equine Breeding. Using computer analysis of corpus luteum Doppler images, the above characteristics were determined during the following periods: days 0—4, 5—7, 8—12, and 13—16 of the mares' estrous cycle (day 0 is ovulation day). Statistical processing of the data was performed using Excel and Statistica 12. Differences between periods were assessed using the nonparametric Mann-Whitney U-test with a significance level of $p < 0.05$. Processed data by period are presented as the median (M) and upper and lower quartiles (LQ-UQ). The relationship between parameters was calculated using the Spearman correlation coefficient. Analysis of the correlation coefficient revealed a moderate positive relationship between serum progesterone concentration and blood flow area and the blood flow intensity score ($r=0,33$ and $r=0,3$; $p<0,05$). A strong positive relationship ($r=0,7$—$0,8$; $p<0,05$) was established between the assessment of blood flow parameters using a computer analysis system (ImageJ) and the visual assessment of blood flow score. During induced luteolysis, a strong positive correlation ($r=0,82$; $p<0,05$) was found between progesterone concentration and corpus luteum area, and a significant positive correlation ($r=0,66$; $p<0,05$) was found between corpus luteum area and blood flow area. These data may have useful prognostic value when assessing the functional activity of the corpus luteum in mares.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калашников, В. В. Схема применения препарата прогестамаг для поддержания уровня прогестерона в сыворотке крови жерёбых кобыл / В. В. Калашников и др. // Ветеринария, 2024. — №10.— С. 48—52.

2. Лебедева, Л. Ф. Использование допплерографии для оценки репродуктивной функции кобыл. Часть II. Исследование матки и яичников холостых кобыл / Л. Ф. Лебедева, Е. В. Солодова // Коневодство и конный спорт, 2020. — №3. — С. 11—15.

3. Bollwein, H. Luteal blood flow during the estrous cycle in mares / H. Bollwein et al. // Theriogenology, 2002.— V.65. — P. 2043—2051.

4. Brogana, R. T. Relationship between colour flow Doppler sonographic assessment of corpus luteum activity and progesterone concentrations in mares after embryo transfer / P. T. Brogana et al. // J. Anim Reprod Sci, 2016. — V. 166. — P. 22—27.

5. Ginther, O. Luteal blood flow and progesterone production in mares / O.Ginther et al. / J. Animal reproduction science, 2007. — V. 99. — P. 213—220.

6. Gomes, T. J. S. Equine corpus luteum vascular evaluation by power Doppler ultrasound. 2008. 66f. Dissertação (Mestradoem Medicina Veterinária) — Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/.

7. Pierson, R. Ultrasonic evaluation of the corpus luteum of the mare / R.Pierson, O. Ginther // J. Theriogenology, 1985. — V. 23(5). — P. 795—806;

8. Rubin, J. Power Doppler US: A potentially useful alternative to mean frequency—based color doppler US / J. Rubin et al. // Radiology, 1994. — V.190.— P. 853—856.

9. Ferreira, C. S. C. Spectral Doppler ultrasound in selecting an equine embryo receiver / C. S. C. Ferreira, R.C.L. Morais, A.B.P. de Andrade et al. // J. Reprod. Domest. Anim. — 2020 Jun;55(6):747—752.

REFERENCES

1. Kalashnikov V. V., Solodova E. V., Lebedeva L. F. Scheme of using progestamag to maintain progesterone levels in the blood serum of foaled mares // Veterinary Medicine, 2024, № 10, pp. 48—52.

2. Lebedeva, L. F., Solodova, E. V. Use of Doppler ultrasonography to assess reproductive function in mares. Part II. Examination of the uterus and ovaries in non-pregnant mares // Horse Breeding and Equestrian Sport, 2020. — № 3. — P. 11–15.

3. Bollwein, H. Luteal blood flow during the estrous cycle in mares / H. Bollwein et al. // Theriogenology, 2002.— V.65. — P. 2043—2051.

4. Brogana, R. T. Relationship between colour flow Doppler sonographic assessment of corpus luteum activity and progesterone concentrations in mares after embryo transfer / P. T. Brogana et al. // J. Anim Reprod Sci, 2016. — V. 166. — P. 22—27.

5. Ginther, O. Luteal blood flow and progesterone production in mares / O.Ginther et al. / J. Animal reproduction science, 2007. — V. 99. — P. 213—220.

6. Gomes, T. J. S. Equine corpus luteum vascular evaluation by power Doppler ultrasound. 2008. 66f. Dissertação (Mestradoem Medicina Veterinária) — Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/.

7. Pierson, R. Ultrasonic evaluation of the corpus luteum of the mare / R.Pierson, O. Ginther // J. Theriogenology, 1985. — V. 23(5). — P. 795—806;

8. Rubin, J. Power Doppler US: A potentially useful alternative to mean frequency—based color doppler US / J. Rubin et al. // Radiology, 1994. — V.190.— P. 853—856.

9. Ferreira, C. S. C. Spectral Doppler ultrasound in selecting an equine embryo receiver / C. S. C. Ferreira, R.C.L. Morais, A.B.P. de Andrade et al. // J. Reprod. Domest. Anim. — 2020 Jun;55(6):747—752.

УДК: 619:618.1/7:612.015:636.2(470.51)
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.317

КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РЕПРОДУКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ КОРОВ В ХОЗЯЙСТВАХ РАЗНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Ильин Е. В. — аспирант кафедры анатомии и физиологии (ORCID ID 0009-0003-7400-4629).

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет».

eugenevet11@gmail.com.

Ключевые слова: *коровы, воспроизводство, биохимия сыворотки крови, ультразвуковое исследование, фермерство.*
Key words: *cows, reproduction, biochemistry of serum blood, ultrasound examenation, farming.*

Поступила в редакцию / Received: 02.11.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Исследованы голштинизированные коровы черно-пестрой породы в возрасте 4—5 лет, в условиях крестьянско-фермерского хозяйства и крупного агропредприятия Удмуртской Республики. На базе каждого предприятия исследовано по 40 коров, разделенных на 4 группы по 10 голов в каждой. В первой новотельные коровы; во второй — осемененные животные, но не исследованные на стельность; в третьей — стельные коровы на разных сроках; в четвертой — яловые. Проведены ректальное, ультразвуковое исследования, биохимическое исследование крови. Несмотр я на сопоставимую частоту регистрации заболеваний конечностей и маститов (23,1—24,9 %), структура заболеваемости имеет существенные межхозяйственные различия. В КФХ доминируют акушерско-гинекологические болезни (40 %), на крупном сельскохозяйственном предприятии преобладают метаболические нарушения (18,5 %) и патологии желудочно-кишечного тракта (16,4 %). Гинекологический скрининг выявил в группе новотельных коров КФХ субинволюцию матки (10 %) и метрит (30 %); у коров агропредприятия — метрит (40 %). У яловых коров КФХ диагностированы лютеиновая киста (60 %) и хронический метрит (40 %), а на комплексе КРС — лютеиновая (80 %) и фолликулярная (20 %) кисты. Сравнительный анализ выявил межхозяйственную вариабельность метаболического статуса коров. У коров КФХ установлена гиперпротеинемия и рост глобулиновой фракции ($p \leq 0,05$), что на фоне высокой активности щелочной фосфатазы ($p \leq 0,05$) у яловых животных указывает на сочетанное влияние несбалансированного кормления и хронических гепатобилиарных нарушений. У коров комплекса концентрация мочевины во всех группах достоверно превышала показатели КФХ ($p \leq 0,05$), достигая максимума при одновременном дефиците альбумина ($p \leq 0,01$—$0,02$). Данная картина свидетельствует об избытке расщепляемого протеина в рационе, что обуславливает высокую частоту развития овариальных кист и риски нарушения имплантации эмбриона.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Современная степень интенсификации молочного животноводства на предприятиях напрямую зависит от уровня воспроизводства стада крупного рогатого скота [4]. Некорректно реализуемая система данных мероприятий проявляется в снижении уровня продуктивности животных и прибыли организации [1]. Поэтому зооветеринарным специалистам и руководителям сельскохозяйственных предприятий необходимо проводить постоянный контроль за эффективностью воспроизводства стада [2]. При этом данный показатель важно учитывать, как крупному, так и мелкому производителю сельхозпродукции.

Однако высокий уровень молочного производства служит причиной серьёзного роста интенсивности обменных процессов у коров, повышая у них предрасположенность к акушерско-гинекологическим заболеваниям. Указанные патологии следует рассматривать как следствие нарушений со стороны всех систем организма [5]. Требуется систематический мониторинг состояния здоровья животных, оперативное проведение ряда ветеринарных, зооинженерных и организационных мероприятий [3].

Одним из важных этапов в контроле воспроизводства является акушерско-гинекологическая диспансеризация стада. Первоочередной задачей данного мероприятия является предупреждение возникновения различных патологий репродуктивной системы у коров, кроме того, немаловажным пунктом является выявление хронических заболеваний [7, 9].

Осуществление акушерско-гинекологической диспансеризации, организация кормления нетелей, лактирующих и сухостойных коров, которое соответствует их физиологическому состоянию, баланс рационов и контроль качества кормления с помощью биохимического исследования крови, способствует повышению уровня воспроизводства стада на сельскохозяйственных предприятиях [1, 6, 8].

Впервые в сравнительном аспекте проведена комплексная оценка физиологического статуса и структуры заболеваемости черно-пестрого голштинизированного скота в условиях крестьянско-фермерского хозяйства и крупного агропредприятия Удмуртской Республики.

Целью нашего исследования стала сравнительная оценка физиологического статуса коров в крестьянско-фермерском хозяйстве и крупном сельскохозяйственном предприятии Удмуртской Республики. Задачи – оценить структуру заболеваемости поголовья на обоих типах предприятий, проанализировать биохимический профиль крови у исследуемых животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследования проведены на базе крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ – предприятие №1) и крупного сельскохозяйственного предприятия (предприятие № 2) Удмуртской республики в зимне-стойловый период. Содержание животных в КФХ – круглогодично-стойловое, привязное, тип кормления силосно-концентратный. Объект исследования – голштинизированные коровы черно-пестрой породы в возрасте 4-5 лет со среднесуточным удоем 23 л и 40 л.

Всего в исследовании участвовало 80 коров (по 40 в каждом предприятии). Животных разделили на 4 группы по 10 голов в каждой. В первую включили новотельных коров (до 20-го дня после отёла). Вторую группу комплектовали осеменёнными коровами, но не исследованными на стельность. Третья группа состояла из стельных коров на разных сроках беременности (от 3 до 8 месяцев). Коровы четвёртой группы являлись яловыми. Исследования проведены с соблюдением принципов гуманного обращения с животными, изложенных в Директиве Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2010/63/EU и ГОСТ 33215-2014.

Проведено ректальное исследование, в том числе ультразвуковое с использованием портативного сканера «Draminski iScan». При проведении исследований внутренних половых органов оценивали расположение матки, её форму, консистенцию, ригидность. Так же проводили оценку формы, консистенции, размеров яичников.

Биохимический анализ крови выполнен на базе лаборатории Удмуртского ГАУ на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Stat Fax 3300». Оценке подвергнуты следующие показатели – общий белок, альбумин, глобулин, глюкоза, мочевина и щелочная фосфатаза.

Статистическая обработка результатов проведена методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим апостериорным исследованием (Тьюки HSD).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Анализ структуры заболеваний, согласно отчетной ветеринарной документации, показал, что болезни конечностей и вымени распространены на обоих типах предприятий и составляют от 23,1 % до 24,9 %. На предприятии № 1 преобладают акушерско-гинекологические болезни (40 %), что выше аналогичного показателя на предприятии № 2 на 23,4 %. В структуре акушерско-гинекологических болезней отмечены послеродовой парез, метрит, лютеиновые и фолликулярные кисты.

Нарушения обмена веществ и болезни органов желудочно-кишечного тракта преобладают на предприятии № 2 на 8,5 % и 14,4 %, соответственно. Подобная картина является классической для интенсивного кормления высокопродуктивного скота с высокой концентрацией энергии в рационе.

Для выявления проблем на различных этапах воспроизводства стада и их устранения проведена оценка состояния органов репродуктивной системы коров. Ректальное исследование коров первой группы проводили на 15—20 день после отёла. Результаты исследования первой группы коров в хозяйстве № 1 показали полное завершение инволюции матки в 70 % случаев, субинволюцию матки в 10 %, и у 20 % коров — метрит вследствие послеродовых осложнений. При оценке состояния органов репродуктивной системы новотельных коров в хозяйстве № 2 зафиксировано 40 % животных с диагнозом метрит, 60 % — с полным восстановлением матки после отёла.

По результатам ректального и ультразвукового исследования на исследуемых предприятиях у 100 % коров 2-й группы зафиксирована стельность; у 100 % коров 3-й группы отмечены изменения характерные для соответствующего срока стельности. У коров 4-й группы, принадлежащих предприятию № 1, выявлены патологии как яичников, так и матки: лютеиновые кисты — 60 %, хроническая форма метрита — 40 %. У коров, принадлежащих предприятию № 2, выявлены функциональные расстройства яичников: лютеиновые кисты — 80 %, фолликулярные кисты — 20 %.

При анализе результатов биохимического исследования крови зафиксирована гиперпротеинемия в крови животных всех исследуемых групп на предприятии № 1 (табл. 1). Подобная ситуация может сложится при несбалансированном кормлении - при недостатке грубых кормов и избытке концентратов в рационе, наличии воспалительных процессов у новотельной группы коров. Это подтверждает выявление статистически значимого повышения глобулиновой фракции белка ($p \leq 0,05$) между первой и третьей группами.

Уровень щелочной фосфатазы остается в рамках допустимых значений, однако выявлено статистически значимое увеличение данного показателя в группе яловых коров ($p \leq 0,05$) по сравнению с другими группами. Это может свидетельствовать о наличии хронического воспалительного процесса в матке, а также гепатобилиарных нарушениях (холестаз, жировой дистрофии печени).

При анализе результатов биохимического исследования крови у новотельных животных на предприятии № 2 зафиксирована гиперглобулинемия, что связываем с воспалительными процессами в матке (табл. 2). Достоверно значимое повышение уровня мочевины во второй группе коров ($p \leq 0,05$) по сравнению с первой, говорит об избытке расщепляемого протеина и одновременном недостатке углеводов в рационе. Увеличение уровня щелочной фосфатазы увеличивает риски для имплантации эмбриона.

Таблица 1 — Результаты биохимического исследования сыворотки крови исследуемых коров (предприятие № 1)

Table 1 — Results of biochemical analysis of blood serum of the cows studied (enterprise N1)

Группа	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Щелочная фосфатаза, Ед/л
1	90,0±3,7	35,3±1,3	54,7±3,9*	3,0±0,2	3,4±0,3****	128,1±6,0
2	84,8±3,1	37,2±1,2**	47,6±3,1	3,7±0,3	3,5±0,2****	132,3±8,9
3	79,5±2,5	38,7±1,4***	40,8±2,7	3,4±0,3	3,4±0,2****	133,9±10,3
4	87,2±4,5	40,8±1,9	46,4±3,9	3,8±0,2	3,7±0,3****	169,7±13,9*

**p≤0,05 — по сравнению с тем же показателем других групп предприятия № 1; **p≤0,01 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 2; ***p≤0,02 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 2; ****p≤0,02 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 2.*

При проведении межгруппового анализа биохимического профиля крови исследуемого поголовья установлены статистически значимые различия между предприятиями. Концентрация альбумина в сыворотке крови коров 2-й и 3-й групп предприятия № 1 достоверно превышала аналогичные показатели животных предприятия № 2 (p≤0,01 и p≤0,02, соответственно). Уровень мочевины во всех исследуемых группах предприятия № 2 достоверно выше (p≤0,05) относительно коров предприятия № 1. Высокий уровень мочевины может являться следствием избытка усваиваемого в рубце протеина или дефицита углеводов, а также говорит об усилении экскреции избыточного азота в почках.

ВЫВОДЫ / CONCLUTION. При оценке структуры заболеваемости исследуемого поголовья установлено существенное преобладание акушерско-гинекологических болезней (на 23,4 %) в крестьянско-фермерском хозяйстве. В стаде крупного сельскохозяйственного производства выявлено смещение структуры заболеваний в сторону патологий пищеварительной системы (на 14,4 %) и обмена веществ (на 8,5 %). Инволюции матки после отела завершается к 20-му дню после отёла на обоих типах предприятий. Однако более эффективно и физиологично процесс протекает у коров КФХ. Характер заболеваний в группах яловых коров говорит о нарушениях нейрогуморальной регуляции полового цикла на обоих предприятиях, но структура болезней различная. Выявленные изменения биохимического профиля крови коров, говорят о необходимости контроля качества и балансирования рациона в обоих исследуемых стадах. Введение регулярного гинекологического мониторинга в систему ветеринарного контроля позволяет проводить раннюю диагностику болезней органов репродуктивной системы, обусловленную алиментарными факторами. При этом результаты скрининга становятся основой для преобразования протоколов работы с животными, направленных на коррекцию обмена веществ.

Таблица 2 – Результаты биохимического исследования сыворотки крови исследуемых коров (предприятие №2)

Table 2 – Results of biochemical analysis of blood serum of the cows studied (enterprise № 2)

Группа	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Щелочная фосфатаза, Ед/л
1	84,2±1,2	31,3±3,7	52,9±1,8	3,2±0,5	5,0±0,6****	130,2±8,0
2	81,4±7,9	33,3±3,8**	48,1±1,7	3,9±0,7	7,8±0,4*	142,3±8,9
3	68,2±1,8	33,2±5,3***	35,1±1,4	3,6±0,6	7,2±1,5****	141,9±9,3
4	78,3±1,6	42,1±5,3	36,2±1,3	3,7±0,4	6,9±0,5****	186,8±15,9

**p≤0,05 — по сравнению с тем же показателем других групп предприятия № 2; **p≤0,01 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 1; ***p≤0,02 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 1; ****p≤0,05 — по сравнению с тем же показателем предприятия № 1.*

CLINICAL AND BIOCHEMICAL MONITORING OF REPRODUCTIVE HEALTH OF COWS IN FARMS OF DIFFERENT ORGANIZATIONAL FORMS OF THE UDMURT REPUBLIC

Ilyin Y. — postgraduate student of the department of anatomy and physiology (ORCID ID 0009-0003-7400-4629).

ФГБОУ ВО Удмуртский государственный аграрный университет.

eugenevet11@gmail.com.

ABSTRACT. *Holsteinized black-and-white cows aged 4—5 years were studied in the conditions of a peasant farm and a large agricultural enterprise in the Udmurt Republic. A total of 40 cows were examined at each enterprise, subdivided into 4 groups of 10 cows each. The first group included newly-calved cows; the second group included grassy animals but not tested for pregnancy; the third group included pregnant cows at different stages; and the fourth group included open cows. Rectal and ultrasound examinations, biochemical blood tests. Despite a comparable prevalence of limb diseases and mastitis (23,1—24,9 %), the disease structure exhibited significant inter-farm variations. Obstetric and gynecological diseases predominated in the small-scale farm (40,0 %), whereas metabolic disorders (18,5 %) and gastrointestinal pathologies (16.4 %) were more prevalent in the large-scale agricultural enterprise. Gynecological screening of fresh cows in the small-scale farm revealed uterine subinvolution (10 %) and metritis (30 %); in the large-scale enterprise, metritis was recorded in 40 % of the animals. Among open (non-pregnant) cows in the small-scale farm, luteal cysts (60 %) and chronic metritis (40 %) were diagnosed, while the industrial complex showed luteal (80 %) and follicular (20 %) cysts. Comparative analysis identified inter-farm variability in the metabolic status of the cows. In the small-scale farm, hyperproteinemia and increased globulin fractions were established (p≤0,05); combined with high alkaline phosphatase activity (p≤0,05) in open cows, this indicates the synergistic impact of unbalanced nutrition and chronic hepatobiliary disorders. In the industrial complex, urea concentrations in all groups significantly exceeded the values of the small-scale farm (p≤0,05), reaching a peak alongside a concurrent albumin deficiency (p≤0,01—0,02). This metabolic pattern indicates an excess of rumen-degradable protein in the diet, which determines a high incidence of ovarian cysts and increases the risks of embryo implantation failure.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горпинченко, Е. А., Горпинченко К. Н. Воспроизводство стада крупного рогатого скота на основе ветеринарно-профилактических мероприятий // Ветеринарная патология. — 2019. — № 1 (67). — С. 21—29.

2. Проблема воспроизводства крупного рогатого скота в хозяйствах Краснодарского края / Е. Н. Новикова, А. В. Скориков, А. А. Лимаренко [и др.] // Сборник научных трудов СКНЦЗВ. — 2021. — Т. 10. — № 1. — С. 59—63.

3. Профилактика бесплодия у коров в системе акушерско-гинекологической диспансеризации / Н. В. Безбородов, В. М. Бреславец, О. Б. Лаврова, В. Н. Позднякова // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. — 2019. — № 1 (111). — С. 51—59.

4. Bekara M. E. A., Bareille N. Quantification by simulation of the effect of herd management practices and cow fertility on the reproductive and economic performance of Holstein dairy herds // Journal of dairy science. — 2019. — Vol. 102. — №. 10. — P. 9435—9457. DOI: 10.3168/jds.2018-15484.

5. Brombin A., Pezzuolo A., Brščić M. Are we ready for the big change in the dairy production system? // Research in veterinary science. — 2019. — №. 126. — P. 17—19. DOI: 10.1016/j.rvsc.2019.08.006.

6. Cardoso Consentini C. E., Wiltbank M. C., Sartori R. Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs // Animals. — 2021. — № 11(2). — P. 301. DOI: 10.3390/ani11020301.

7. Clinical examination of cattle. Part 2: calves, technology and ancillary testing / G. Sherwin, R. Nelson, M. Kerby, J. Remnant // In practice. — 2022. — № 44 (7). — P. 403—419. DOI: 10.1002/inpr.237.

8. De Vries A., Marcondes M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows // Animal. — № 14 (1). — P. 155—164. DOI: 10.1017/S1751731119003264.

9. System of prevention of gynaecological diseases in high—productive cows under in a farm in the Udmurt Republic /R. Rudacov, L. Khamitova, A. Metlyakova, V. Milaev // BIO Web of Conferences. — EDP Sciences, 2020. — Vol. 27. — P. 00094. DOI: 10.1051/bioconf/20202700094.

REFERENCES

1. Gorpinchenko E. A., Gorpinchenko K. N. Vosproizvodstvo stada krypnogo rogatogo skota na osnove veterinarno—prophilakticheskych meropriyatii // Veterinarnaya patologiay. — 2019. — № 1 (67). — P. 21—29.

2. Problema vosproizvodstva krypnogo rogatogo skota v chozyaistvach Krasnodarskogo kraya / E. N. Novikova, A. B. Skorikov, A. A. Limarenko [et al.] // Sbornik naychnych trudov KNCZV. — 2021. — Vol. 10. — № 1. — P. 59—63.

3. Profilaktika besplodiya u korov v sisteme akushersko—ginecologicheskoi dispanserizacii / N. B. Bezborodov, B. M. Breslavec, O. B. Lavrova, B. N. Poznyakova // Actualnie voprosi celskochozyaistvennoi biologii. — 2019. — № 1 (111). — P. 51—59.

4. Bekara M. E. A., Bareille N. Quantification by simulation of the effect of herd management practices and cow fertility on the reproductive and economic performance of Holstein dairy herds // Journal of dairy science. — 2019. — Vol. 102. — №. 10. — P. 9435—9457. DOI: 10.3168/jds.2018-15484.

5. Brombin A., Pezzuolo A., Brščić M. Are we ready for the big change in the dairy production system? // Research in veterinary science. — 2019. — №. 126. — P. 17—19. DOI: 10.1016/j.rvsc.2019.08.006.

6. Cardoso Consentini C. E., Wiltbank M. C., Sartori R. Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs // Animals. — 2021. — № 11(2). — P. 301. DOI: 10.3390/ani11020301.

7. Clinical examination of cattle. Part 2: calves, technology and ancillary testing / G. Sherwin, R. Nelson, M. Kerby, J. Remnant // In practice. — 2022. — № 44 (7). — P. 403—419. DOI: 10.1002/inpr.237.

8. De Vries A., Marcondes M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows // Animal. — № 14 (1). — P. 155—164. DOI: 10.1017/S1751731119003264.

9. System of prevention of gynaecological diseases in high—productive cows under in a farm in the Udmurt Republic /R. Rudacov, L. Khamitova, A. Metlyakova, V. Milaev // BIO Web of Conferences. — EDP Sciences, 2020. — Vol. 27. — P. 00094. DOI: 10.1051/bioconf/20202700094.

ХИРУРГИЯ

УДК: 616.831:636.7:615.322
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.321

ЭПИДУРАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У СОБАК

Смоловская О. В.[1] — канд. биол. наук, доцент (ORCID 0000-0002-3602-6718); **Плешков В. А.**[1]* — канд. с.-х. наук, доцент (ORCID 0000-0003-4486-2019); **Воронина Ю. Р.**[2] — ветеринарный врач.

[1]ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

[2]Ветеринарная клиника «ВетДоктор».

* 6110699mail.ru.

Ключевые слова: *эпидуральная анестезия, хирургические вмешательства, собаки.*

Key words: *epidural anesthesia, surgeries, dogs.*

Поступила в редакцию / Received: 30.10.2025
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Целью исследования являлась оценка эффективности протоколов применения различных адъювантов при проведении эпидуральной анестезии собакам при различных хирургических вмешательствах. Исследование проводилось на базе ветеринарной клиники «ВетДоктор» в г. Новосибирске в 2024—2025 гг. В него включили 102 собаки (возраст 1—10 лет, масса 5—40 кг, ASA I—II) для плановых и экстренных операций, требующих обезболивания каудальной части тела. Критерии исключения: противопоказания к эпидуральной анестезии, аллергии на препараты, системные патологии. Животные прошли клинический осмотр, анализы крови, эхокардиографию. Разделены на 6 групп по 17 особей: контроль (бупивакаин 0,5 % без адъювантов), группы с морфином, фентанилом, дексмедетомидином, кетамином и тройной комбинацией. Техника эпидуральной пункции включала укладку животного, подготовку поля, идентификацию ориентиров, введение иглы Туохи и растворов со скоростью 1 мл/30 сек. Результаты показали эффективность адъювантов в зависимости от типа операций. Для ортопедических вмешательств на тазобедренном суставе оптимальны бупивакаин + морфин или тройная комбинация для длительной анальгезии. На коленном суставе – бупивакаин + кетамин для антигипералгезического эффекта. При абдоминальных операциях (овариогистерэктомия, на кишечнике) — ропивакаин + дексмедетомидин или бупивакаин + фентанил. Для мочевыделительной системы — бупивакаин + кетамин без задержки мочеиспускания. Рекомендации учитывают длительность операции, риск пациента, с корректировкой доз для ASA III, гериатрических и других групп. Экономический анализ выявил наибольшую эффективность кетамина (107,8 руб./час анальгезии) и дексмедетомидина (95,6 руб./час).*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Эпидуральная анестезия считается одним из самых действенных методов обезболивания в современных ветеринарных клиниках. Она обеспечивает эффективную анальгезию при операциях на тазовых конечностях, промежности и задней части брюшной полости у собак. Одним из главных преимуществ этого метода является возможность использования менее интенсивного внутривенного наркоза в меньших дозах. При этом применяются лишь седативные препараты, так как анальгезия в зоне хирургического вмешательства достигается именно благодаря эпидуральной анестезии. После такой комбинированной анестезии животные быстрее восстанавливаются от наркоза, что положительно сказывается на их самочувствии [1—3].

Хотя эпидуральная анестезия широко используется, применение только местных анестетиков зачастую не обеспечивает желаемой продолжительности и качества обезболивания. Поэтому в последние десятилетия большое внимание уделяется использованию различных адъювантов — вспомогательных веществ, которые усиливают и продлевают действие местных анестетиков при их совместном введении в эпидуральное пространство [4—6].

Современная ветеринарная анестезиология располагает широким спектром адъювантов, включая опиоиды, альфа-2-адреномиметики, NMDA-антагонисты и другие препараты. Однако информация о их сравнительной эффективности и безопасности у собак сильно ограничена, что затрудняет выбор оптимального протокола эпидуральной анестезии в разных клинических ситуациях [7—9]. Это подчеркивает актуальность всестороннего исследования применения адъювантов в эпидуральной анестезии у собак и возможность улучшения анестезиологического обеспечения хирургических операций и качества послеоперационного обезболивания.

Цель исследования: оценка эффективности

Таблица 1 — Характеристика исследуемых групп животных

Table 1 — Characteristics of the studied groups of animals

Параметр	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6
Количество животных	17	17	17	17	17	17
Пол (кобели/суки)	12/5	9/8	4/13	8/9	7/10	11/6
Средний возраст (лет)	5±2	4±2	5±1	4±1	5±2	5±2
Средняя масса тела (кг)	18,5±8,5	19,3±9,2	17,6±8,4	18,1±3,2	15,9±6,1	14,8±5,9

протоколов применения различных адъювантов при проведении эпидуральной анестезии собакам при различных хирургических вмешательствах.

Задачи исследования:

– разработать оптимальные протоколы применения адъювантов при эпидуральной анестезии при различных типах хирургических вмешательств у собак;

– провести сравнительную оценку эффективности и безопасности разработанных протоколов при эпидуральной анестезии у собак;

– оценить экономическую эффективность протоколов применения адъювантов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Исследование и разработка протоколов применения адъювантов при эпидуральной анестезии проводилось в период с октября 2024 по март 2025 года на базе ветеринарной клиники «ВетДоктор», расположенной в г. Новосибирске на ул. Гоголя 43/1.

В исследование были включены 102 собаки, поступивших для проведения плановых и экстренных хирургических вмешательств, требующих обезболивания каудальной части тела.

Критериями включения животных в исследование являлись: возраст от 1 до 10 лет; масса тела от 5 до 40 кг; отсутствие значимых патологий сердечно-сосудистой и дыхательной систем (класс по ASA I–II); отсутствие неврологических нарушений; отсутствие системных инфекционных заболеваний; отсутствие патологий области поясничного отдела позвоночника, исключающих проведение эпидуральной анестезии; отсутствие нарушений системы гемостаза.

Критериями исключения являлись: наличие противопоказаний к эпидуральной анестезии (локальная инфекция в месте пункции, коагулопатии, гиповолемия, повышенное внутричерепное давление); аллергические реакции на местные анестетики или адъюванты в анамнезе; выраженные нарушения функции печени или почек.

Все животные перед включением в исследование проходили комплексное обследование, включающее: клинический осмотр; общий анализ крови; биохимический анализ крови (АЛТ, АСТ, мочевина, креатинин, глюкоза, общий белок); эхокардиографию; при необходимости — рентгенографию или ультразвуковое исследование внутренних органов.

Животные были разделены на 6 экспериментальных групп по 17 особей в каждой в зависимости от применяемых адъювантов:

– группа 1 (контрольная) — бупивакаин 0,5 % без адъювантов в дозе 1 мг/кг;

– группа 2 — бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + морфин (0,1 мг/кг);

– группа 3 — бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + фентанил (0,004 мг/кг);

– группа 4 — ропивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + дексмедетомидин (0,004 мг/кг);

– группа 5 — бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + кетамин (0,5 мг/кг);

– группа 6 — бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + морфин (0,05 мг/кг) + дексмедетомидин (0,002 мг/кг).

Распределение животных по группам проводилось методом рандомизации. Группы были сопоставимы по возрасту, полу, массе тела и породной принадлежности.

Характеристика исследуемых групп животных представлена в таблице 1.

Породный состав исследуемых животных включал как чистопородных, так и беспородных собак. Наиболее часто встречались представители следующих пород: лабрадор-ретривер (14 особей), немецкая овчарка (10 особей), золотистый ретривер (5 особей), французский бульдог (7 особи), джек-рассел-терьер (9 особи), йоркширский терьер (12 особи), такса (6 особи), вельш-корги (9 особи), метисы (30 особи). Распределение животных по типам хирургических вмешательств представлено в таблице 2.

Таблица 2 — Распределение животных по типам хирургических вмешательств

Table 2 — Distribution of animals by types of surgical interventions

Тип операции	Количество животных
Операции на тазобедренном суставе	10
Операции на коленном суставе	12
Остеосинтез костей тазовых конечностей	10
Овариогистерэктомия	35
Операции на кишечнике	6
Уретростомия	19
Операции на мочевом пузыре	10

Все хирургические вмешательства проводились в плановом порядке, за исключением 8 случаев экстренных операций (травмы тазовых конечностей, пиометра).

Протокол эпидуральной анестезии разрабатывался с учетом индивидуальных особенностей пациента, характера и продолжительности хирургического вмешательства. Подготовка животных к анестезии осуществлялась по единому протоколу для всех групп исследования. Перед проведением процедуры у животных ограничивался доступ к корму на протяжении 8—12 часов.

Анестезирующие растворы для каждой группы готовились непосредственно перед введением с соблюдением правил асептики и антисептики. После введения анестезирующей смеси животное сохраняло боковое положение в течение 10—15 минут для обеспечения равномерного распределения препаратов в эпидуральном пространстве.

Техника выполнения эпидуральной пункции предусматривала следующие этапы:

1. Укладка животного в боковое положение с вытянутыми вперед тазовыми конечностями.

2. Подготовка операционного поля: выстригание шерсти в области поясничного отдела позвоночника, трехкратная обработка кожи 0,5 % спиртовым раствором хлоргексидина.

3. Идентификация анатомических ориентиров: пальпаторное определение гребней подвздошных костей, остистых отростков L6, L7 и S1 позвонков. Точка пункции — пояснично-крестцовое пространство (L7–S1).

4. Введение эпидуральной иглы Туохи 18–20G (в зависимости от размера животного) перпендикулярно поверхности кожи в точке пересечения срединной линии спины и линии, соединяющей краниальные края гребней подвздошных костей;

5. Продвижение иглы до ощущения характерного «провала» при прохождении желтой связки, что свидетельствует о попадании в эпидуральное пространство;

6. Верификация правильного положения иглы с использованием теста «висячей капли» и аспирационной пробы для исключения субарахноидального или внутрисосудистого положения иглы;

7. Медленное введение анестезирующей смеси со скоростью 1 мл/30 сек.

Для оценки интенсивности послеоперационной боли применяли модифицированную комплексную шкалу боли Университета Мельбурна (UMPS — University of Melbourne Pain Scale), включающую следующие критерии:

– физиологические данные — частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений, расширение зрачков, ректальная температура;

– поведенческие реакции — вокализация, реакция на пальпацию операционной раны, положение тела, ментальный статус (степень угнетения или возбуждения), двигательная активность;

– субъективная оценка интенсивности боли — по визуальной аналоговой шкале, интегрированной в общий балл.

Оценку по шкале UMPS проводили через 1, 2, 4, 6, 12 и 24 часа после окончания операции (табл. 3). Суммарная оценка варьировала от 0 до 27 баллов.

Таблица 3 — Оценка по шкале UMPS

Table 3 — UMPS scale score

Количество баллов	Интерпретация
0—6	Отсутствие боли или незначительная боль
7—13	Умеренная боль
14—27	Сильная боль, требующая дополнительного обезболивания

При сумме баллов более 13 животному вводили дополнительный анальгетик (трамадол 2—3 мг/кг внутримышечно).

Оценку проводил один и тот же обученный ветеринарный врач (сотрудник клиники, не участвовавший в хирургическом вмешательстве), что обеспечивало стандартизацию результатов и исключало субъективизм, связанный с участием анестезиолога или хирурга в оценке.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS.

Применение адъювантов при ортопедических операциях.

Ортопедические операции у собак характеризуются выраженным болевым синдромом и часто требуют мультимодального подхода к анестезии и послеоперационному обезболиванию. В рамках настоящего исследования оценивалась эффективность различных комбинаций адъювантов при ортопедических вмешательствах на тазобедренном и коленном суставах, а также при остеосинтезе костей тазовых конечностей.

Таблица 4 — Распределение животных с операциями на тазобедренном суставе по экспериментальным группам

Table 4 — Distribution of animals with hip joint surgeries by experimental groups

Тип операции	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Всего
Резекционная артропластика	1	0	2	1	2	0	6
Тройная остеотомия таза	0	1	0	1	1	1	4
Всего	1	1	2	2	3	1	10

Выбор оптимальных комбинаций для операций на тазобедренном суставе.

В исследование были включены 10 собак, которым проводились различные операции на тазобедренном суставе: резекционная артропластика (6 животных), тройная остеотомия таза (4 животных). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 4.

Анализ данных показал, что операции на тазобедренном суставе характеризуются выраженным интраоперационным болевым синдромом и требуют адекватной антиноцицептивной защиты. В контрольной группе (бупивакаин без адъювантов) у обоих животных отмечалось значительное повышение частоты сердечных сокращений и артериального давления в момент манипуляций на тазобедренном суставе, что потребовало дополнительного введения фентанила внутривенно (3—5 мкг/кг).

Наилучшие результаты интраоперационной анальгезии при операциях на тазобедренном суставе были достигнуты в группах 2 (бупивакаин + морфин), 4 (ропивакаин + дексмедетомидин) и 6 (тройная комбинация). Ни у одного из 5 животных данных групп не потребовалось дополнительное введение анальгетиков в интраоперационном периоде.

В группах 3 (бупивакаин + фентанил) и 5 (бупивакаин + кетамин) у 1 животного из 5 (20 %) отмечалось кратковременное повышение ЧСС и артериального давления при наиболее травматичных этапах операции, что было купировано дополнительным введением фентанила (2 мкг/кг внутривенно).

В послеоперационном периоде наиболее выраженный и длительный анальгетический эффект наблюдался в группах 2 и 6. Животные этих групп демонстрировали минимальные признаки боли при оценке по шкале UMPS на протяжении 12 часов после операции. В группе 6 (тройная комбинация) ни у одного животного не возникло потребности в дополнительном обезболивании в течение первых 24 часов после операции.

В группах 3, 4 и 5 потребность в дополнительном обезболивании возникла у 4 из 7 животных (57%) в среднем через 6,8±1,4 часа после операции. В контрольной группе оба животных потребовали дополнительного обезболивания уже через 4,0±0,5 часа после операции.

Длительная моторная блокада (более 8 часов) наблюдалась у 1 животного группы 6 и у 1 животного группы 2, что затрудняло раннюю мобилизацию. В остальных группах выраженность и продолжительность моторного блока были меньше, что обеспечивало более раннее восстановление двигательной активности.

Таким образом, для операций на тазобедренном суставе оптимальными комбинациями являются:

– для кратковременных вмешательств с планируемой ранней мобилизацией — ропивакаин с дексмедетомидином или бупивакаин с кетамином;

– для продолжительных, травматичных вмешательств, требующих длительного послеоперационного обезболивания — бупивакаин с морфином или тройная комбинация (при отсутствии противопоказаний к применению альфа-2 агонистов).

Адъюванты при операциях на коленном суставе.

В исследование были включены 12 собак, которым проводились различные операции на коленном суставе: стабилизация передней крестообразной связки (7 животных), медиальная пателлэктомия (3 животных), артротомия с удалением свободных внутрисуставных фрагментов (2 животных). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 5.

Анализ данных показал, что операции на коленном суставе характеризуются умеренным интраоперационным болевым синдромом, но существенным послеоперационным дискомфортом. В контрольной группе (бупивакаин без адъювантов) у одного из двух животных отмечалось повышение ЧСС и артериального давления при манипуляциях на внутрисуставных структурах, что потребовало дополнительного введения анальгетика.

При операциях на коленном суставе наиболее эффективной оказалась комбинация бупивакаина с кетамином (группа 5). Ни у одного из животных данной группы не отмечалось признаков недостаточной антиноцицептивной защиты в интраоперационном периоде. Кроме того, в послеоперационном периоде животные группы 5 демонстрировали меньшую интенсивность болевого синдрома при оценке по шкале UMPS через 6 и 12 часов после операции по сравнению с другими группами.

Таблица 5 — Распределение животных с операциями на коленном суставе по экспериментальным группам

Table 5 — Distribution of animals with knee joint operations by experimental groups

Тип операции	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Всего
Стабилизация передней крестообразной связки	1	1	1	2	1	1	7
Медиальная пателлэктомия	1	0	1	0	0	1	3
Артротомия с удалением свободных фрагментов	0	1	0	0	1	0	2
Всего	2	2	2	2	2	2	12

Антигипералгезический эффект кетамина был особенно заметен при оценке тактильной и температурной чувствительности в области коленного сустава. Животные группы 5 демонстрировали меньшую реакцию на пальпацию периартикулярных тканей и области операционной раны по сравнению с животными других групп.

В группах 2 (бупивакаин + морфин) и 6 (тройная комбинация) также был достигнут удовлетворительный уровень интраоперационной анальгезии, однако в послеоперационном периоде у животных этих групп отмечалась более выраженная длительная моторная блокада, что затрудняло раннюю мобилизацию конечности.

В группе 4 (ропивакаин + дексмедетомидин) наблюдалась менее выраженная моторная блокада при сохранении адекватного уровня анальгезии, что способствовало более ранней активизации животных. Это имеет особое значение при операциях на коленном суставе, где раннее восстановление движений в суставе способствует лучшим функциональным результатам.

Таким образом, для операций на коленном суставе оптимальными комбинациями являются:

– бупивакаин с кетамином — для большинства вмешательств, особенно при риске развития хронического болевого синдрома;

– ропивакаин с дексмедетомидином — когда желательна ранняя мобилизация конечности при сохранении адекватной анальгезии.

Протоколы анестезии при остеосинтезе.

В исследование были включены 10 собак, которым проводился остеосинтез костей тазовых конечностей: остеосинтез бедренной кости (6 животных), остеосинтез костей голени (3 животных), остеосинтез таза (1 животное). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 6.

Остеосинтез костей тазовых конечностей характеризуется высокой травматичностью и выраженным послеоперационным болевым синдромом. В контрольной группе (бупивакаин без адъювантов) у животного отмечались значительные колебания гемодинамических показателей в интраоперационном периоде, что свидетельствовало о недостаточном уровне анальгезии.

При остеосинтезе наиболее эффективными оказались тройная комбинация (группа 6) и комбинация бупивакаина с морфином (группа 2). В данных группах у всех животных был достигнут адекватный уровень интраоперационной анальгезии без необходимости дополнительного введения анальгетиков. Кроме того, длительный послеоперационный обезболивающий эффект у животных этих групп способствовал более комфортному восстановлению в первые сутки после операции.

Учитывая высокую травматичность и болезненность оперативных вмешательств при остеосинтезе, для адекватного обезболивания рекомендуется использование комбинаций с длительным анальгетическим эффектом. При этом следует учитывать риск развития побочных эффектов, особенно при применении тройной комбинации.

На основании анализа полученных данных, для остеосинтеза костей тазовых конечностей можно рекомендовать:

– для молодых, здоровых животных с минимальным анестезиологическим риском — тройную комбинацию (бупивакаин + морфин + дексмедетомидин);

– для животных с сопутствующей кардиологической патологией — комбинацию бупивакаина с морфином;

– для животных с выраженным болевым синдромом при противопоказаниях к применению опиоидов — комбинацию бупивакаина с кетамином.

– Применение адъювантов при операциях на органах брюшной полости.

Особенности применения при овариогистерэктомии.

В исследование были включены 35 собак, которым проводилась овариогистерэктомия: плановая стерилизация (25 животных), удаление новообразований матки (2 животное), пиометра (8 животных). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 7.

Овариогистерэктомия характеризуется умеренным интраоперационным болевым синдромом с наиболее интенсивной ноцицептивной импульсацией при тракции яичников и пересечении связок. В контрольной группе (бупивакаин без адъювантов) у одного из двух животных отмечалось повышение ЧСС и артериального давления при тракции яичников, что потребовало дополнительного введения фентанила.

При овариогистерэктомии удовлетворительный уровень интраоперационной анальгезии был достигнут во всех экспериментальных группах с адъювантами. Особенностью применения эпидуральной анестезии при данном типе операций является необходимость распространения анестетика до уровня Т10–Т11 для блокады ноцицептивной импульсации от яичников, связанной с тракцией маточных связок.

Наиболее эффективными при овариогистерэктомии оказались комбинация ропивакаина с дексмедетомидином (группа 4) и комбинация бупивакаина с фентанилом (группа 3). В этих группах отмечался быстрый наступающий и адекватный уровень анестезии с минимальными гемодинамическими нарушениями.

Комбинация бупивакаина с морфином (группа 2) и тройная комбинация (группа 6) также обеспечивали хорошую анальгезию, но характеризовались более длительным развитием блока и высоким риском задержки мочеиспускания в послеоперационном периоде, что имеет особое значение при опе-

рациях на органах репродуктивной системы.

На основании анализа данных, для овариогистерэктомии можно рекомендовать:

– для плановых стерилизаций – комбинацию ропивакаина с дексмедетомидином или бупивакаина с фентанилом;

– для операций при пиометре – комбинацию бупивакаина с фентанилом с тщательной предоперационной стабилизацией состояния пациента.

Протоколы анестезии при операциях на кишечнике.

В исследование были включены 6 собак, которым проводились операции на кишечнике: удаление инородных тел (3 животных), резекция и анастомоз кишечника при новообразованиях (2 животных), инвагинация (1 животное). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 8.

Операции на кишечнике характеризуются умеренным интраоперационным болевым синдромом с наиболее выраженной ноцицептивной импульсацией при тракции брыжейки и манипуляциях с париетальной брюшиной. Специфическими особенностями анестезиологического обеспечения данных операций являются частая сопутствующая дегидратация, нарушения электролитного баланса и риск развития постоперационного илеуса.

Применение эпидуральной анестезии с адъювантами при операциях на кишечнике способствовало не только обеспечению адекватной анальгезии, но и раннему восстановлению моторики кишечника в послеоперационном периоде за счет блокады симпатической иннервации.

Наиболее эффективными при операциях на кишечнике оказались комбинация бупивакаина с фентанилом (группа 3) и комбинация ропивакаина с дексмедетомидином (группа 4). В группе 3 оба животных демонстрировали раннее восстановление перистальтики кишечника, что было подтверждено аускультативно и ультрасонографически уже через 6—8 часов после операции. В группе 4 у животного также отмечалось быстрое восстановление моторики кишечника, однако наблюдалась умеренная брадикардия, потребовавшая введения атропина.

Комбинация бупивакаина с морфином (группа 2) обеспечивала длительную послеоперационную анальгезию, однако у животного отмечалась задержка восстановления перистальтики до 12 часов после операции, что может быть связано с опиоид-индуцированным угнетением моторики кишечника.

Тройная комбинация (группа 6) характеризовалась выраженным седативным эффектом и стабильной гемодинамикой, однако также сопровождалась задержкой восстановления перистальтики.

На основании анализа данных, для операций на кишечнике можно рекомендовать:

– комбинацию бупивакаина с фентанилом – как оптимальный вариант, обеспечивающий адекватную анальгезию без выраженной задержки восстановления моторики кишечника;

– комбинацию ропивакаина с дексмедетомидином – при отсутствии противопоказаний к применению альфа-2 агонистов с обязательным мониторингом гемодинамических показателей.

Эффективность при операциях на мочевыделительной системе.

В исследование были включены 29 собак, которым проводились операции на мочевыделительной системе: цистотомия для удаления конкрементов (19 животных), уретростомия (10 животных). Распределение животных по группам в зависимости от применяемых адъювантов представлено в таблице 9.

Операции на мочевыделительной системе характеризуются умеренным интраоперационным болевым синдромом, но значительным дискомфортом в послеоперационном периоде. Особенностями анестезиологического обеспечения данных операций являются риск послеоперационной задержки мочеиспускания и развития спазма уретры.

При применении эпидуральной анестезии с адъювантами основным преимуществом является возможность обеспечения длительной послеоперационной анальгезии, что особенно важно при операциях на мочевыделительной системе из-за выраженного болевого синдрома и дискомфорта.

Наиболее эффективными при операциях на мочевыделительной системе оказались комбинация бупивакаина с фентанилом (группа 3) и комбинация бупивакаина с кетамином (группа 5). В этих группах удалось достичь адекватной анальгезии без существенного влияния на функцию мочевого пузыря. В группе 5 все пятеро животных демонстрировали самостоятельное мочеиспускание уже через 6—8 часов после операции, в группе 3 — через 8—10 часов.

Применение комбинаций с морфином (группа 2 и группа 6) сопровождалось задержкой мочеиспускания у всех 10 животных, что потребовало катетеризации мочевого пузыря в первые 12—16 часов после операции.

В контрольной группе (бупивакаин без адъювантов) у животного отмечался умеренный уровень послеоперационной боли, потребовавший дополнительного введения анальгетиков через 4 часа после операции.

На основании анализа данных, для операций на мочевыделительной системе можно рекомендовать:

– комбинацию бупивакаина с кетамином — как оптимальный вариант, обеспечивающий адекватную анальгезию без задержки мочеиспускания;

– комбинацию бупивакаина с фентанилом — при наличии противопоказаний к применению кетамина.

Применение комбинаций с морфином следует ограничить или полностью исключить при операциях на мочевыделительной системе из-за высокого риска задержки мочеиспускания.

Разработка оптимальных протоколов эпиду-

ральной анестезии с использованием адъювантов.

Выбор адъювантов с учетом длительности операции.

Результаты исследования показали, что выбор оптимального адъюванта для эпидуральной анестезии должен осуществляться с учетом длительности предполагаемого хирургического вмешательства. На основании полученных данных разработаны следующие рекомендации:

Для кратковременных операций (до 60 минут):

– бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + фентанил (0,004 мг/кг);

– ропивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) без адъювантов.

Для операций средней продолжительности (60–120 минут):

– ропивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + дексмедетомидин (0,004 мг/кг);

– бупивакаин 0,5% (0,5 мг/кг) + кетамин (0,5 мг/кг).

Для продолжительных операций (более 120 минут):

– бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + морфин (0,1 мг/кг);

– бупивакаин 0,5 % (0,5 мг/кг) + морфин (0,05 мг/кг) + дексмедетомидин (0,002 мг/кг).

Было установлено, что при кратковременных операциях более важным фактором является быстрое начало действия анестезии и минимальный риск побочных эффектов, поэтому предпочтительны комбинации с фентанилом или ропивакаин без адъювантов.

При операциях средней продолжительности оптимальными являются комбинации, обеспечивающие баланс между достаточной продолжительностью действия и приемлемым профилем безопасности. Выбор между представленными вариантами зависит от сопутствующих заболеваний пациента и характера хирургического вмешательства.

При продолжительных операциях ключевым фактором становится длительная послеоперационная анальгезия, поэтому предпочтительны комбинации с морфином, обеспечивающие обезболивание на протяжении 8—12 часов после операции.

Рекомендации по дозированию для пациентов различных групп риска.

При проведении эпидуральной анестезии с использованием адъювантов особое внимание следует уделять дозированию препаратов для пациентов с различной степенью анестезиологического риска. На основании результатов исследования разработаны следующие рекомендации по модификации дозировок:

Для пациентов с минимальным анестезиологическим риском (ASA I):

– стандартные дозировки;

– возможно применение тройной комбинации анестетиков для обеспечения максимальной анальгезии.

Для пациентов с умеренным анестезиологическим риском (ASA II):

– бупивакаин 0,5 % — снижение дозы на 10—15 % (0,4–0,45 мг/кг);

– морфин — стандартная доза (0,1 мг/кг);

– фентанил — стандартная доза (0,004 мг/кг);

– дексмедетомидин — снижение дозы на 20—25 % (0,003 мг/кг);

– кетамин — стандартная доза (0,5 мг/кг).

Для пациентов с высоким анестезиологическим риском (ASA III):

– бупивакаин 0,5 % — снижение дозы на 20—25 % (0,375–0,4 мг/кг);

– морфин — снижение дозы на 20 % (0,08 мг/кг);

– фентанил — снижение дозы на 10—15 % (0,0035 мг/кг);

– дексмедетомидин — снижение дозы на 40—50 % (0,002 мг/кг) или полное исключение;

– кетамин — снижение дозы на 20 % (0,4 мг/кг);

– предпочтительно использование комбинаций с минимальным влиянием на гемодинамику.

Для гериатрических пациентов (старше 8 лет):

– бупивакаин 0,5 % — снижение дозы на 20—25 % (0,375–0,4 мг/кг);

– ропивакаин — предпочтительнее бупивакаина из-за меньшей кардиотоксичности;

– морфин — снижение дозы на 20—25 % (0,075–0,08 мг/кг);

– фентанил — снижение дозы на 15—20 % (0,003—0,0035 мг/кг);

– дексмедетомидин — снижение дозы на 30—40 % (0,0025—0,003 мг/кг) или замена на менее кардиодепрессивные адъюванты;

– объем вводимого раствора — снижение на 10—15 % от стандартного расчета.

Для пациентов с кахексией или гипоальбуминемией:

– бупивакаин и ропивакаин — снижение дозы на 25—30 % из-за повышенной фракции свободного препарата;

– морфин и фентанил — снижение дозы на 20—25 %;

– дексмедетомидин — снижение дозы на 30—40 % или исключение;

– кетамин — снижение дозы на 20—25 %.

Для пациентов с ожирением:

– расчет доз на основе идеальной массы тела, а не фактической;

– увеличение объема вводимого раствора на 10—15 % для обеспечения адекватного распространения анестетика.

Исследование показало, что пациенты различных групп риска демонстрируют разную чувствительность к местным анестетикам и адъювантам.

Так, у гериатрических пациентов наблюдалась более выраженная и продолжительная моторная блокада даже при использовании стандартных доз бупивакаина, что обусловлено возрастными изменениями в нервной ткани.

У пациентов с гипоальбуминемией отмечалась повышенная чувствительность к местным анестетикам из-за увеличения свободной фракции препарата в плазме, что повышало риск развития системной токсичности. При данной патологии наблюдалось более быстрое наступление и более интенсивное действие блокады.

Для профилактики побочных эффектов у пациентов высокого риска рекомендуется не только снижение дозировок препаратов, но и более тщательный мониторинг гемодинамических показателей, а также готовность к немедленной коррекции возможных осложнений.

Алгоритм выбора адъювантов с учетом индивидуальных особенностей пациента.

На основании проведенного исследования разработан алгоритм выбора оптимальных адъювантов для эпидуральной анестезии с учетом индивидуальных особенностей пациента, характера и длительности хирургического вмешательства, а также потенциальных рисков и противопоказаний.

Алгоритм выбора адъювантов включает следующие шаги:

Оценка анестезиологического риска пациента:

– определение класса по ASA;

– учет возрастных особенностей;

– оценка функции сердечно-сосудистой системы;

– оценка функции печени и почек.

Определение характера хирургического вмешательства:

– локализация операционного поля;

– предполагаемая длительность операции;

– ожидаемая интенсивность интраоперационного болевого синдрома;

– прогнозируемая интенсивность послеоперационной боли;

– необходимость ранней мобилизации пациента.

Выбор оптимального местного анестетика:

– бупивакаин — для большинства операций, требующих длительной анестезии;

– ропивакаин — при необходимости ранней мобилизации конечности или при повышенном риске кардиотоксичности.

Выбор адъюванта или их комбинации в зависимости от клинической ситуации:

а) Морфин рекомендуется при:

– необходимости длительной послеоперационной анальгезии (8—12 часов);

– отсутствии противопоказаний (задержка мочеиспускания, высокий риск зуда);

– операциях, не требующих ранней мобилизации конечностей;

– операциях с выраженным послеоперационным болевым синдромом.

б) Фентанил рекомендуется при:

– необходимости быстрого начала действия анестезии;

– кратковременных операциях;

– высоком риске задержки мочеиспускания при применении морфина;

– необходимости раннего восстановления моторной функции.

в) Дексмедетомидин рекомендуется при:

– необходимости дополнительной седации;

– отсутствии значимой кардиологической патологии;

– необходимости снижения МАК ингаляционного анестетика;

– высоком риске задержки мочеиспускания при применении опиоидов.

г) Кетамин рекомендуется при:

– высоком риске развития хронического болевого синдрома;

– ортопедических операциях, особенно на коленном суставе;

– противопоказаниях к применению опиоидов и альфа-2 агонистов.

д) Тройная комбинация (бупивакаин + морфин + дексмедетомидин) рекомендуется при:

– длительных, травматичных операциях;

– низком анестезиологическом риске пациента;

– необходимости максимальной анальгезии и седации;

– готовности к коррекции возможных гемодинамических нарушений.

е) Коррекция дозировок с учетом индивидуальных особенностей пациента (указана выше).

ж) Определение потребности в дополнительном мониторинге:

– инвазивное измерение артериального давления при применении альфа-2 агонистов;

– контроль функции мочевого пузыря при применении морфина;

– мониторинг ЭКГ при применении высоких доз местных анестетиков;

– наблюдение за дыхательной функцией при комбинированном применении опиоидов и альфа-2 агонистов.

Разработанный алгоритм позволяет индивидуализировать выбор адъювантов для эпидуральной анестезии с учетом всех особенностей клинической ситуации, что способствует повышению эффективности и безопасности анестезиологического обеспечения.

Расчет стоимости различных протоколов эпидуральной анестезии.

На основе данных о стоимости препаратов была рассчитана стоимость различных протоколов эпидуральной анестезии для собаки весом 20 кг (табл. 10).

Анализ соотношения «стоимость-эффективность»

Для комплексной оценки экономической эффективности различных протоколов эпидуральной анестезии было принято решение провести анализ соотношения «стоимость-эффективность», где в качестве показателя эффективности использовалась продолжительность обезболивания (в часах). Результаты анализа представлены в таблице 11.

Анализ соотношения «стоимость-эффективность» показал, что наиболее экономически эффективным является протокол группы 4 (ропивакаин + дексмедетомидин), обеспечивающий оптимальное соотношение стоимости и продолжительности анальгезии (95,6 руб. за 1 час анальгезии). Высокую экономическую эффективность также демонстрирует протокол группы 5 (бупивакаин + кетамин) — 107,8 руб. за 1 час анальгезии.

Тройная комбинация (группа 6) формально показывает наилучшее соотношение стоимости и продолжительности анальгезии (79,15 руб. за 1 час), однако при этом не учитываются затраты на коррекцию возможных побочных эффектов. С учетом высокой частоты брадикардии (50 %), артериальной гипотензии (40 %) и задержки мочеиспускания (30 %), требующих дополнительных медикаментозных коррекций, фактическая экономическая эффективность данного протокола снижается.

Наименее экономически эффективным оказался протокол контрольной группы (бупивакаин без адъювантов) — 197,15 руб. за 1 час анальгезии, что объясняется относительно высокой стоимостью местного анестетика при непродолжительном эффекте.

Экономическая эффективность различных адъювантов при разных типах хирургических вмешательств.

При выборе оптимального протокола эпидуральной анестезии с точки зрения экономической составляющей необходимо также учитывать тип хирургического вмешательства и индивидуальные особенности пациента.

Для кратковременных хирургических вмешательств (до 60 минут) экономически наиболее выгодным является протокол группы 4 (ропивакаин + дексмедетомидин), обеспечивающий достаточную продолжительность обезболивания при минимальной стоимости.

Для операций средней продолжительности (60—120 минут) оптимальным соотношением «стоимость-эффективность» обладают протоколы групп 4 и 5, при этом выбор между ними должен осуществляться с учетом характера операции и особенностей пациента.

Для продолжительных, травматичных операций, требующих длительного послеоперационного обезболивания, экономически обоснованным является применение протокола группы 2 (бупивакаин + морфин), несмотря на его относительно высокую стоимость. Это объясняется высокой клинической эффективностью данного протокола и снижением потребности в дополнительном послеоперационном обезболивании, что сокращает общие затраты на ведение пациента.

При рассмотрении экономической эффективности с учетом типа операции получены следующие результаты:

Для ортопедических операций на тазобедренном суставе наиболее экономически эффективным является протокол группы 2 (бупивакаин + морфин), обеспечивающий оптимальное соотношение стоимости и клинической эффективности с учетом высокой интенсивности послеоперационной боли при данном типе вмешательств;

Для операций на коленном суставе наилучшей экономической эффективностью обладает протокол группы 5 (бупивакаин + кетамин), что обусловлено низкой стоимостью кетамина при высокой клинической эффективности, особенно в отношении антигипералгезирующего действия;

При операциях на органах брюшной полости, особенно на кишечнике, оптимальным с экономической точки зрения является протокол группы 3 (бупивакаин + фентанил), который обеспечивает адекватную анальгезию без задержки восстановления перистальтики, что сокращает сроки госпитализации и общие затраты на лечение;

Для операций на мочевыделительной системе наиболее выгодным является протокол группы 5 (бупивакаин + кетамин), обеспечивающий адекватную анальгезию без задержки мочеиспускания, что особенно важно при данном типе вмешательств.

Проведенный анализ экономической эффективности различных протоколов эпидуральной анестезии с использованием адъювантов позволяет сделать следующие выводы:

– Применение адъювантов при эпидуральной анестезии экономически целесообразно, так как их использование позволяет снизить расход основного анестетика и увеличить продолжительность действия анестезии, что улучшает соотношение «цена-эффективность».

– Наиболее экономически эффективным адъювантом является кетамин, что обусловлено его низкой стоимостью при достаточно высокой клинической эффективности. Комбинация бупивакаина с кетамином (группа 5) обеспечивает оптимальное соотношение стоимости и продолжительности обезболивания (107,8 руб. за 1 час).

– Комбинация ропивакаина с дексмедетомидином (группа 4) также обладает высокой экономической эффективностью, особенно с учетом возможности более ранней мобилизации пациента и снижения затрат на послеоперационное ведение.

– Несмотря на относительно высокую стоимость, комбинация бупивакаина с морфином

(группа 2) экономически оправдана при длительных и травматичных операциях за счет снижения потребности в дополнительном послеоперационном обезболивании.

– Наименее экономически эффективным является применение местных анестетиков без адъювантов, что связано с непродолжительным эффектом и высокой потребностью в дополнительном обезболивании в послеоперационном периоде.

– При выборе оптимального протокола эпидуральной анестезии с точки зрения экономической эффективности необходимо учитывать не только стоимость препаратов, но и их клиническую эффективность, риск развития побочных эффектов, требующих медикаментозной коррекции, а также влияние на общие затраты на ведение пациента (продолжительность госпитализации, потребность в дополнительном обезболивании и т.д.).

Таким образом, экономический анализ применения различных адъювантов при эпидуральной анестезии у собак показал, что с точки зрения соотношения «стоимость-эффективность» наиболее целесообразным является использование кетамина и дексмедетомидина в качестве адъювантов к местным анестетикам, однако выбор оптимального протокола должен осуществляться индивидуально с учетом характера хирургического вмешательства и особенностей пациента.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Разработаны оптимальные протоколы применения адъювантов при эпидуральной анестезии для различных типов хирургических вмешательств у собак:

– для ортопедических операций на тазобедренном суставе наиболее эффективны комбинации бупивакаина с морфином или тройная комбинация (бупивакаин + морфин + дексмедетомидин);

– для операций на коленном суставе оптимальным выбором является комбинация бупивакаина с кетамином, обеспечивающая выраженный антигипералгезический эффект;

– при операциях на органах брюшной полости, особенно на кишечнике, предпочтительно использование комбинации бупивакаина с фентанилом или ропивакаина с дексмедетомидином;

– при операциях на мочевыделительной системе рекомендуется применение комбинации бупивакаина с кетамином или фентанилом для снижения риска задержки мочеиспускания.

Экономически наиболее эффективным адъювантом является кетамин, обеспечивающий оптимальное соотношение стоимости и клинической эффективности (107,8 руб. за 1 час анальгезии). Высокой экономической эффективностью также обладает комбинация ропивакаина с дексмедетомидином (95,6 руб. за 1 час анальгезии).

При выборе оптимального протокола эпидуральной анестезии с использованием адъювантов необходимо учитывать индивидуальные особенности пациента, характер и продолжительность хирургического вмешательства, ожидаемую интенсивность послеоперационной боли, а также экономическую целесообразность применения различных комбинаций анестетиков.

Проведенное исследование позволило оценить эффективность различных адъювантов при эпидуральной анестезии собакам и разработать оптимальные протоколы их применения с учетом индивидуальных особенностей пациента и характера хирургического вмешательства. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть использованы в клинической практике для повышения эффективности и безопасности анестезиологического обеспечения хирургических вмешательств у собак.

В связи с полученными результатами исследований и изученными аспектами, дальнейшие исследования должны фокусироваться на оценке различных адъювантов и их комбинаций, которые могут применяться в эпидуральной анестезии у собак. Одним из ключевых направлений является выявление оптимальной дозировки адъювантов для каждого конкретного вещества, чтобы максимально увеличить анальгезирующий эффект при минимизации потенциальных побочных действий. Необходимо провести сравнительный анализ эффективности различных адъювантов, таких как опиоиды, альфа-2-адреномиметики и NMDA-антагонисты, в сочетании с местными анестетиками. Клинические испытания, основанные на вариантах терапевтических курсов, могут помочь выявить, какие комбинации обеспечивают наилучшие результаты в зависимости от специфики оперативного вмешательства и состояния пациента.

Не менее важным является исследование воздействия адъювантов на процесс восстановления животных после анестезии. Снижение времени выхода из наркоза и управление послеоперационной болью имеют первостепенное значение для качества жизни питомцев и для минимизации стресса и страданий, связанных с хирургическими процедурами.

Таким образом, вся совокупность проведенных исследований может привести к разработке четких протоколов, направленных на индивидуальный подход к анестезии на основе породы, возраста и сопутствующих заболеваний. Разработка подобных протоколов позволит ветеринарным врачам более точечно подходить к каждому случаю, корректируя анестезиологическое обеспечение и адекватно реагируя на изменения в состоянии пациентов на всех стадиях анестезии.

Исследование адъювантов при эпидуральной анестезии у собак — это не только важная область научного интереса, но и практическая необходимость, способная значительно улучшить хирургическое вмешательство и качество жизни животных после операций. Подход к данным вопросам должен быть многосторонним, сочетая лабораторные исследования, клинические эксперименты и дальнейшую практическую реализацию полученных данных в ветеринарной практике.

EPIDURAL ANESTHESIA FOR VARIOUS TYPES OF SURGICAL PROCEDURES IN DOGS

Smolovskaya O. V.[1] — PhD Biol. sciences, Associate Professor (ORCID 0000-0002-3602-6718); **Pleshkov V. A.**[1]* — PhD Agricultural sciences, Associate Professor (ORCID 0000-0003-4486-2019); **Voronina Yu. R.**[2] — Veterinarian.

[1]Kemerovo State University

[2]Veterinary clinic «VetDoktor»

ABSTRACT. *The aim of the study was to evaluate the effectiveness of protocols for the use of various adjuvants in epidural anesthesia for dogs undergoing different surgical interventions. The research was conducted at the VetDoktor Veterinary Clinic in Novosibirsk from 2024 to 2025. It included 102 dogs (age 1—10 years, weight 5—40 kg, ASA I—II) for planned and emergency surgeries requiring anesthesia of the caudal body part. Exclusion criteria: contraindications to epidural anesthesia, allergies to drugs, systemic pathologies. Animals underwent clinical examination, blood tests, and echocardiography. They were divided into 6 groups of 17 individuals each: control (bupivacaine 0,5 % without adjuvants), groups with morphine, fentanyl, dexmedetomidine, ketamine, and a triple combination. The epidural puncture technique included animal positioning, field preparation, identification of landmarks, insertion of the Tuohy needle, and administration of solutions at a rate of 1 ml/30 sec. Results demonstrated the effectiveness of adjuvants depending on the type of surgery. For orthopedic interventions on the hip joint, bupivacaine + morphine or the triple combination are optimal for prolonged analgesia. On the knee joint, bupivacaine + ketamine for antihyperalgesic effect. For abdominal operations (ovariohysterectomy, intestinal surgery), ropivacaine + dexmedetomidine or bupivacaine + fentanyl. For the urinary system, bupivacaine + ketamine without urinary retention. Recommendations consider surgery duration, patient risk, with dose adjustments for ASA III, geriatric, and other groups. Economic analysis revealed the highest effectiveness of ketamine (107,8 rub./hour analgesia) and dexmedetomidine (95,6 rub./hour).*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Karol A., Taylor P. M., Parkin T. D. H., et al. Comparison of the efficacy and adverse effects of epidural morphine, fentanyl, and methadone in postoperative pain control in dogs: a systematic review and meta-analysis. Veterinary Anaesthesia and Analgesia. 2020;47(2):273—285.

2. Ferreira T. H., Rezende M. L., Mama K. R., et al. Plasma concentrations and analgesic effects of liposomal bupivacaine following epidural administration in dogs. American Journal of Veterinary Research. 2022;83(6):412—419.

3. Атаманчук Е. Б., Шебеко С. К., Ермаков А. М. Сравнение эффективности различных анестезиологических протоколов при проведении кесарева сечения у собак. Ветеринарная патология. 2024;23(1):41—50. DOI: 10.23947/2949-4826-2024-23-1-41-50.

4.Garcia-Pereira F.L., Greene S.A., McEwen M.M., et al. Meta-analysis of the efficacy of epidural bupivacaine-opioid combinations for pain management in dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2020;256(10):1143—1152.

5. Matos J. M., Moreno-Manzano V., Becerra J., et al. Dose-dependent effects of dexmedetomidine as an adjuvant to epidural analgesia with bupivacaine in dogs. Veterinary Record. 2021;188(6):123—128.

6. Атаманчук Е. Б., Шебеко С. К., Ермаков А. М., Богданов А. А. Подходы к анальгезии при проведении кесарева сечения у собак под общей анестезией. Ветеринария Кубани. 2024;(5):43—47. DOI: 10.33861/2071-8020-2024-5-43-47.

7. Tusell J. M., Andaluz A., Prandi D., et al. A systematic review and meta-analysis comparing epidural opioids versus alpha-2 agonists for post-operative analgesia in dogs. Veterinary Journal. 2022;280:105787.

8.Rodriguez J. M., Muñoz-Rascón P., Navarrete-

REFERENCES

1. Karol A., Taylor P. M., Parkin T. D. H., et al. Comparison of the efficacy and adverse effects of epidural morphine, fentanyl, and methadone in postoperative pain control in dogs: a systematic review and meta-analysis. Veterinary Anaesthesia and Analgesia. 2020;47(2):273—285.

2. Ferreira T. H., Rezende M. L., Mama K. R., et al. Plasma concentrations and analgesic effects of liposomal bupivacaine following epidural administration in dogs. American Journal of Veterinary Research. 2022;83(6):412—419.

3. Atamanchuk E. B., Shebeko S. K., Ermakov A. M. Sravnenie effektivnosti razlichnykh anesteziologicheskikh protokolov pri provedenii kesareva secheniya u sobak. Veterinarnaya patologiya. 2024;23(1):41—50. DOI: 10.23947/2949-4826-2024-23-1-41-50.

4.Garcia-Pereira F.L., Greene S.A., McEwen M.M., et al. Meta-analysis of the efficacy of epidural bupivacaine-opioid combinations for pain management in dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2020;256(10):1143—1152.

5. Matos J. M., Moreno-Manzano V., Becerra J., et al. Dose-dependent effects of dexmedetomidine as an adjuvant to epidural analgesia with bupivacaine in dogs. Veterinary Record. 2021;188(6):123—128.

6. Atamanchuk E. B., Shebeko S. K., Ermakov A. M., Bogdanov A. A. Podkhody k anal'gezii pri provedenii kesareva secheniya u sobak pod obshchey anesteziey. Veterinariya Kubani. 2024;(5):43—47 DOI: 10.33861/2071-8020-2024-5-43-47.

7. Tusell J. M., Andaluz A., Prandi D., et al. A systematic review and meta-analysis comparing epidural opioids versus alpha-2 agonists for post-operative analgesia in dogs. Veterinary Journal. 2022;280:105787.

8.Rodriguez J. M., Muñoz-Rascón P., Navarrete-

Calvo R., et al. Epidural morphine versus fentanyl for postoperative analgesia after orthopedic surgery in dogs: a randomized controlled trial. Canadian Veterinary Journal. 2020;61(9):946—952.

9. Семенов Б. С., Нечаев А. Ю., Назарова А. В. Использование межфасциальных блоков для комплексной аналгезии при удалении новообразований мягких тканей в области грудной клетки у мелких домашних животных. Международный вестник ветеринарии. 2024;(3):443—449. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.443.

10. Садоведов К. П., Нечаев А. Ю., Племяшов К. В. Изменения газового состава пуповинной крови новорожденных после кесарева сечения с применением различных протоколов общей анестезии у собак. Международный вестник ветеринарии. 2023;(4):480—485. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.4.480.

11. Young A. M., Carter J. E., Martinez L. F., et al. Efficacy of preemptive administration of analgesics in dogs undergoing elective surgery: a systematic review. Veterinary Journal. 2020;257:105467.

12. Безин А. Н., Мифтахутдинов А .В., Шнякина Т.Н., Серых О. В. Корреляция уровня кортизола в периоперационном периоде при проведении абдоминальных операций у собак. АПК России. 2024;31(5):719—724. DOI: 10.55934/2587-8824-2024-31-5-719-724.

Calvo R., et al. Epidural morphine versus fentanyl for postoperative analgesia after orthopedic surgery in dogs: a randomized controlled trial. Canadian Veterinary Journal. 2020;61(9):946—952.

9. Semenov B. S., Nechaev A. Yu., Nazarova A. V. Ispol'zovanie mezhfastsial'nykh blokov dlya kompleksnoy analgezii pri udalenii novoobra-zovaniy myagkikh tkaney v oblasti grudnoy kletki u melkikh domashnikh zhivotnykh. Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. 2024;(3):443—449. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.443. (In Russ.).

10. Sadovedov K. P., Nechaev A. Yu., Plemyshov K. V. Izmeneniya gazovogo sostava pupovinnoy krovi novorozhdennykh posle kesareva secheniya s primeneniem razlichnykh proto-kolov obshchey anestezii u sobak. Mezhdunarod-nyy vestnik veterinarii. 2023;(4):480—485. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.4.480. (In Russ.).

11. Young A. M., Carter J. E., Martinez L. F., et al. Efficacy of preemptive administration of analgesics in dogs undergoing elective surgery: a systematic review. Veterinary Journal. 2020;257:105467.

12. Bezin A. N., Miftakhutdinov A. V., Shnyakina T. N., Serykh O. V. Korrelyatsiya urovnya kortizola v perioperatsionnom periode pri provedenii abdominal'nykh operatsiy u sobak. APK Rossii. 2024;31(5):719—724. DOI: 10.55934/2587-8824-2024-31-5-719-724. (In Russ.)/

УДК: 56.03
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.333

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САРКОМЫ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У КОШЕК. *КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ*

Зирук И. В.* — д-р ветеринар. наук, доц., проф. каф. морфологии, патологии животных и биологии (ORCID 0000-0001-7300-3956); **Копчекчи М. Е.** — д-р ветеринар. наук, доцент каф. морфологии, патологии животных и биологии (ORCID 0000-0002-2593-7022); **Красников А. В.** — д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. болезни животных и ВСЭ (ORCID 0000-0002-4127-8725); **Красникова Е. С.** — д-р ветеринар. наук, проф., проф. каф. болезни животных и ВСЭ (ORCID 0000-0003-4395-5862); **Терентьев А. А.** — д-р ветеринар. наук, доцент каф. морфологии, патологии животных и биологии (ORCID 0000-0001-8571-2020).

ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова.

*iziruk@yandex.ru.

Ключевые слова: *рак, кошки, хирургия, саркома, метастазы.*

Key words: *cancer, cats, surgery, sarcoma, metastases.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках научно-исследовательской работы кафедры.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Саркома мягких тканей достаточно распространённое онкологическое заболевание кошек, которое возникает чаще вследствие травматизации, в том числе при инъекциях. Данный вид опухоли отличается агрессивным течением и выраженным инфильтративным ростом при достаточно низком метастатическом потенциале, что делает локальный контроль заболевания предметом изучения. В условиях ветеринарной клиники г. Саратов «Байга» был проведен клинический осмотр кошки, возрастом около 14 лет с саркомой мягких тканей. Для диагностики новообразования проведены комплексные клинические обследования, которые включали визуальную оценку состояния животного, пальпаторное исследование пораженных тканей, цитологическое исследование, проведение ультразвукового исследования брюшной полости, на наличие метастазов, а также рентгенологическое исследование грудной полости. Общее состояние животного оценивалось как удовлетворительное: активность снижена, присутствовала хромота, аппетит сохранен, сознание ясное, видимые слизистые оболочки розовые, поверхностные лимфатические узлы не увеличены, температура тела в пределах физиологической нормы, одышки не было, сердечный ритм четкий, ровный, пульс хорошей наполненности. По результатам общего анализа крови выявлено повышение тромбоцитов до 573,0±8,23 х10^9/л, что выше рефенсных значений на 60 ед. и тромбокрита на 0,038 %, увеличение указанных показателей вероятнее всего связано с новообразованием. Цитологическое заключение выявило клеточные структуры, присущи саркоме с гигантскими многоядерными клетками. По проведенным результатам диагностики было принято решение по проведению хирургического вмешательства с удалением новообразования и ампутацией конечности.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Новообразование, опухоль — патологический процесс, возникающий под влиянием эндогенных и экзогенных факторов и характеризующийся безудержным размножением клеток, которые отличаются бесконтрольным автономным ростом [1, 10—12].

В последние годы достигнут значительный прогресс в диагностике и лечении первичных злокачественных опухолей мягких тканей, в том числе посттравматической саркомы у кошек. Однако несмотря на наличие предоперационных методов лечения и схем химиотерапии посттравматической саркомы у кошек, основным способом воздействия на первичный опухолевый очаг остается хирургия. Тем не менее, частота рецидивов остается достаточно высокой. Это связано со сложностью хирургического доступа, который может варьироваться в зависимости от локализации новообразования. Повторное хирургическое иссечение саркомы после рецидива осложняется тяжелым послеоперационным периодом [4, 6, 9].

Основными осложнениями в зависимости от тактики оперативного вмешательства являются расхождение швов, некротизация лоскута и множество других, которые приводят к сильному болевому синдрому и ухудшению качества жизни животного. В настоящее время в доступной литературе имеются немногочисленные сообщения о том, что дополнение оперативного лечения консервативными методами воздействия позволяет существенно продлить безрецидивного периода, при одновременном улучшении качества жизни [5, 7, 8, 13].

Этический аспект. Владельцы данного животного проинформированы и согласны на публикацию данного случая болезни.

Цель исследования — провести диагностику и терапевтические мероприятия клинического случая новообразования мягких тканей у кошки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В условиях ветеринарной клиники г. Саратов «Байга» был проведен клинический осмотр кошки, возрастом около 14 лет с саркомой мягких тканей. Для диагностики новообразования проведены комплексные клинические обследования, которые включали визуальную оценку состояния животного, пальпаторное исследование пораженных тканей, цитологическое исследование, проведение ультразвукового исследования брюшной полости, на исключения метастазов, а также рентгенологическое исследование грудной полости. Было проведено хирургическое вмешательство, которое позволило удалить новообразования с ампутацией конечности.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Общее состояние животного оценивалось как удовлетворительное: активность снижена, присутствует хромота, аппетит сохранен, сознание ясное, видимые слизистые оболочки розовые, поверхностные лимфатические узлы не увеличены, температура тела в пределах физиологической нормы, дыхание — без особенностей, одышки нет, грудного типа, сердечный ритм четкий, ровный, пульс хорошей наполненности.

По результатам рентгенологического исследования (рис. 1 и 2) было принято решение о проведении хирургического вмешательства.

Дополнительно проведено рентгенологическое исследование грудной полости. Заключение: хронические изменения бронхов, нельзя исключить кардиомегалию, спондилез грудного отдела позвоночного столба, остеохондроз реберных хрящей.

Проведено ультразвуковое исследование брюшной полости кошки с новообразованием: на момент исследования были выявлены ультразвуковые признаки — диффузных изменений паренхимы печени, более характерных для хронического процесса. По результатам ЭХО-скрининга — патологий не обнаружено.

По результатам общего анализа (табл. 1) крови присутствует повышение тромбоцитов до 573,0±8,23 х109/л, что выше рефенсных значений на 60 ед. и тромбокрита на 0,038%, увеличение указанных показателей вероятнее всего связано с новообразованием. Показатели лейкоцитарной формулы в пределах физиологической нормы, согласно возрасту. Уровень гематокрита и гемоглобина находится на нижней границе рефенсных значений (29,0±0,95 109,1±5,43, соответственно). Животное было направлено на забор материала — цитологическую диагностику.

Первое хирургическое вмешательство было проведено по взятию материала на исследование, ревизия: позади большого вертела левой тазовой конечности определяется единичное образование, размером до 3 см, плотное, неподвижное, без признаков воспаления, с четкими границами, округлой формы, бугристое. Материал: ТИАБ мягких тканей области таза, 4 стекла.

Рисунок 1 *— Рентгенологический снимок.*
Figure 1 *— X-ray image.*

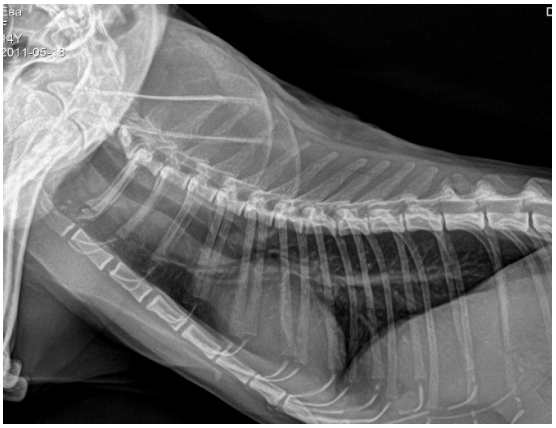


Рисунок 2 *— Рентгенологический снимок грудной полости.*
Figure 2 *— Chest X-ray.*

Цитологическое описание: в представленном материале на ярко-малиновом фоне представлены в умеренном количестве, расположенные разрозненно или в крупных пучках вытянутые или звездчатые среднего и крупного размера мезенхимальные клетки. Ядра овальные и округлые средние-крупные (14—30 мкм) с зернистым и крупнозернистым хроматином и 1-2 мелкими-средними (1—3 мкм) округлыми нуклеолами в части клеток. Цитоплазма, умеренная базофильная без четких границ. В умеренном количестве представлены гигантские многоядерные клетки. Анизокариоз, анизоцитоз выраженные. Также представлено умеренное количество активированных макрофагов с фагоцитозом серо-базального вещества. Фон с эритроцитами в умеренном количестве. Микроорганизмы не обнаружены.

Цитологическое заключение: саркома с гигантскими многоядерными клетками (рис. 3).

Подготовка животного к операции. За 12 часов до операции была выдержана голодная диета. Предоперационная подготовка длилась в течение 40 минут. Животному вводили: маропиталь 1 мг/кг п/к, амоксициллин 15% — 17,5 мг/кг п/к, аналь-

Таблица 1 — Клинический анализ крови / Table 1 — Clinical blood test

Показатель	Результат исследования	Референтное значение
WBC Лейкоциты, x10^9/л	6,1±0,32	5,5—19,5
LYM Абсолютное содержание лимфоцитов, x10^9/л	1,7±0, 24	0,8—7
MON Абсолютное содержание моноцитов, x10^9/л	0,2±0,01	0—1,9
GRA Абсолютное содержание гранулоцитов, x10^9/л	4,2±0,12	2,1—15
LYM% Относительное содержание лимфоцитов, %	27,5±0,89	12—45
MON % Относительное содержание моноцитов, %	3,9±0,14	2—9
GRA% Относительное содержание гранулоцитов, %	68,6±0,87	35—85
RBC Эритроциты, x10^{12}/л	6,45±0, 65	4,6—10
HGB Гемоглобин, г/л	109,1±5,43	93—153
HCT Гематокрит, %	29,0±0,95	28—49
MCV Средний объем эритроцита, fL	45,2±0,97	39—52
MCH Среднее содержание гемоглобина в 1 эритроците, pg	16,8±0,32	13—21
MCHC Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	375,1±10,31	300—380
RDW Ширина распределения эритроцитов, %	15,6±0,75	14—18
PLT Тромбоциты, x10^9/л	573,0±8,23	100—514
MPV Средний объём тромбоцита, fL	9,4±0,45	5—11,8
PDW Ширина распределения тромбоцитов	15,6±0,96	10—18
PCT Тромбокрит, %	0,538±0,01	0,1—0,5

гин — 15 мг/кг в/м, дексодия 0,1% — 3 мкг/кг в/м, далее проведена постановка периферического внутривенного катетера, введен везотил — 0,5 мг/кг в/в и пропофол 2 мг/кг в/в, интубация эндотрахеальная трубка №3,5 с манжетой, в качестве анальгезии применяли эпидуральную анестезию бупивакаином 0,5 мг/кг, блокаду нервов таза и конечности — лидокаином 1% 1,5 мг/кг. Затем животное подключили к ингаляционному наркозу с использованием изофлюрана 0,6—1 об%.

Во время операции визуализируется очаговое образование в каудальной части седалищной кости, до трех см. (рис. 4—6). Осуществлен окаймляющий разрез тазовой конечности, лигирование бедренной артерии и вены двумя обивными лигатурами Сургикрол. Диссекция мышц тазовой конечности с коагуляций сосудов. Вентральный доступ к лонному сочленению, латеральный доступ к телу подвздошной кости, с последующей остеотомией (рис. 7). Ушивание операционной раны проводили Сургикрол и ушивание кожи Даклоном.

После операции владельцы отказались от гистологического исследования материала.

Несмотря на злокачественный характер процесса, общее состояние животного оставалось удовлетворительным, как в предоперационном периоде, так и после проведенного оперативного лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION. Саркомы мягких тканей представляют собой одну из наименее изученных групп злокачественных опухолей у мелких домашних животных, в частности кошек. Они весьма разнообразны по гистологическому строению, скорости роста, способности к метастазированию и реакции на лечение. Их частота встречаемости составляет примерно 15% от всех злокачественных новообразований у домашних животных. Однако они занимают четвертое место по причине смертности среди онкологических заболеваний собак и кошек. Это говорит о том, что эффективность лечения сарком мягких тканей в ветеринарии находится на весьма низком уровне [1, 8].

Нами был проведен клинический осмотр кошки, возрастом около 14 лет с новообразованием мягких тканей. Для диагностики опухоли проведены комплексные клинические обследования. Общее состояние животного оценивалось как удовлетворительное. По результатам общего анализа крови выявлено повышение тромбоцитов и тромбокрита, увеличение указанных показателей вероятнее всего связано с наличием новообразования. Цитологическое заключение выявило клеточные структуры, присущи саркоме с гигантскими многоядерными клетками.

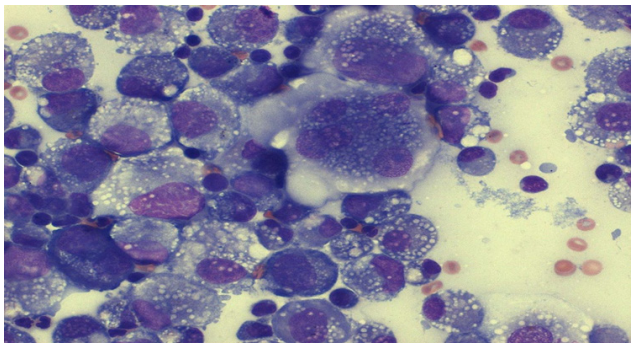


Рисунок 3 *— Цитологическая картина саркомы мягких тканей.*

Figure 3 *— Cytological picture of soft tissue sarcoma.*

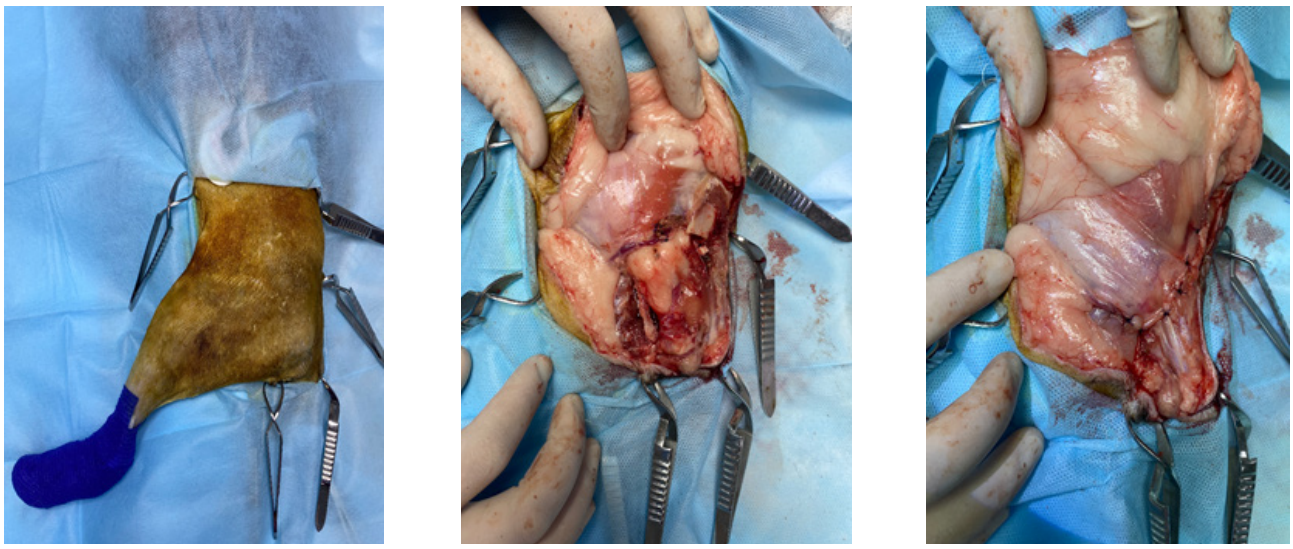


Рисунок 4, 5, 6 *— Этапы операции. Визуализируется очаговое образование в каудальной части седалищной кости, до 3 см.*

Figure 3 *— Surgical stages. A focal lesion, up to 3 cm in size, is visualized in the caudal part of the ischium.*

Так, основным методом лечения сарком принято считать хирургический. При этом очень важно удалить всю опухолевую ткань, то есть провести радикальную операцию. Нами, по проведенным результатам диагностики, было принято решение по проведению хирургического вмешательства с удалением новообразования и ампутацией конечности.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Во избежание онкологических рецидивов с животными, рекомендуются ежегодный онкологический осмотр у специалиста, а также самостоятельный осмотр животного на наличие различных припухлостей и уплотнений. Прогрессирующие опухоли отягощают состояние животного, возникают их изъязвления вследствие травмы или распада тканей. Необходимо избегать длительного применения гормональных препаратов при лечении.

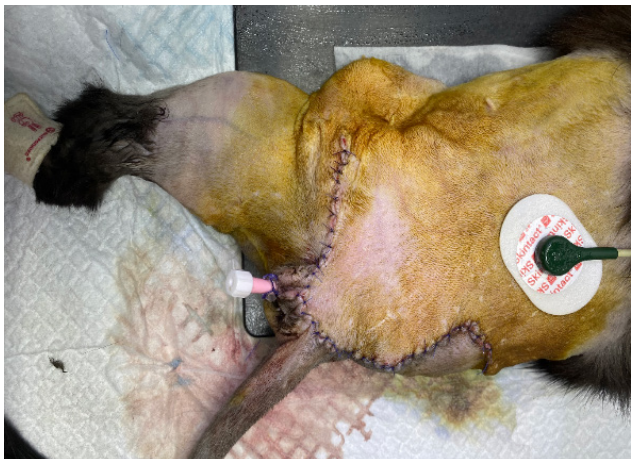


Рисунок 7 *— Ампутация тазовой конечности с парциальной гемипельвэктомией.*

Figure 7 *— Amputation of the pelvic limb with partial hemipelvectomy.*

MORPHOLOGICAL FEATURES OF FINE TISSUE SARCOMA IN CATS. *A CLINICAL CASE*

Ziruk I. V.* **—** Dr. of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Animal Morphology, Pathology, and Biology (ORCID 0000-0001-7300-3956); **Kopcekci M. E. —** PhD, Associate Professor of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology (ORCID 0000-0002-2593-7022); **Krasnikov A. V. —** Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Animal Diseases and VSE (ORCID 0000-0002-4127-8725); **Krasnikova E. S. —** Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Animal Diseases and VSE (ORCID 0000-0003-4395-5862); **Terentyev A. A. —** PhD, Associate Professor, Department of Morphology, Animal Pathology and Biology (ORCID 0000-0001-8571-2020).

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov.

*iziruk@yandex.ru.

ABSTRACT. *Soft tissue sarcoma is a fairly common oncological disease in cats, which is more likely to occur as a result of trauma, including injections. This type of tumor is characterized by an aggressive course and pronounced infiltrative growth, with a relatively low metastatic potential, which makes local control of the disease a subject of study. In the veterinary clinic of Baiga in Saratov, a clinical examination was performed on a 14-year-old cat with soft tissue sarcoma. Comprehensive clinical examinations were conducted to diagnose the neoplasm, which included a visual assessment of the animal's condition, a palpation of the affected tissues, a cytological examination, an ultrasound scan of the abdominal cavity for the presence of metastases, and an X-ray scan of the chest cavity. The general condition of the animal was assessed as satisfactory: activity was reduced, lameness was present, appetite was preserved, consciousness was clear, visible mucous membranes were pink, superficial lymph nodes were not*

enlarged, body temperature was within the physiological norm, there was no shortness of breath, the heart rate was clear, even, and the pulse was of good fullness. According to the results of a general blood test, an increase in platelets was detected to 573.0±8.23 x109/l, which is higher than the reference values by 60 units. and thrombocrit by 0.038%, the increase in these indicators is most likely due to a neoplasm. The cytological examination revealed cellular structures characteristic of sarcoma with giant multinucleated cells. Based on the diagnostic results, it was decided to perform surgical intervention to remove the neoplasm and amputate the limb.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев М. Д. Современные подходы к лечению сарком мягких тканей / Алиев М. Д. // Практическая онкология. — 2004. — Т. 5. — №4. — С. 250—253.

2. Давыдов, М. И. Энциклопедия клинической онкологии / М. И. Давыдов и др. // М. 2004. — С. 364—374.

3. Горинский, В. И. Анализ распространения онкологических заболеваний домашних непродуктивных животных в административных районах города Волгограда / В. И. Горинский, В. В. Салаутин и др. // Аграрный научный журнал. — 2022. — №2 (1). — С. 51 —54.

4. Патрикеев Н. В. Гистологическая характеристика аденокарциномы молочной железы у декоративных крыс / Н. В. Патрикеев, И. В. Зирук // Международный вестник ветеринарии. —2025. —№ 2. — С. 201—206.

5. Зирук, И. В. Морфологические особенности фиброаденомы крыс / И. В. Зирук, М. Е. Копчекчи и др. // Научная жизнь. — 2025. — Т. 20. — № 4 (142). — С. 1033—1041.

6. Зирук, И. В. Особенности аденокарциномы молочной железы у кошек старшего возраста / Зирук И. В., Копчекчи М. Е. и др. // Научная жизнь. — 2025. — Т. 20. — № 4 (142). — С. 1024—1032.

7. Мустафаева К. Н. Ультраструктурные изменения в печени кошек при липидозах на фоне антицитокиновой терапии / К. Н. Мустафаева, А. И. Леткин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. —2025. № 7 (249). С. 54—59.

8. Руденко, П. А. Усовершенствование профилактики послеоперационных гнойно-воспалительных осложнений у кошек / П. А. Руденко // Вестник Ульяновской гос. с.-х. академии. — 2017. — №1 (65). — С. 148—152.

9. Щипакин, М. В. Цитология стромы молочной железы коз зааненской породы при различных функциональных состояниях / М. В. Щипакин // Вопросы норм.-прав. регулирования в ветеринарии. — 2013. — № 4. — С. 57—59.

10. Щипакин, М. В. Ультраструктура паренхимы молочной железы / М. В. Щипакин // Иппология и ветеринария. — 2014. — №3. (13). — С. 75—79.

11. Ярош Я. Е. Клинический случай семиномы у кобеля пекинеса / Ярош Я. Е., Клюкин С. Д., Зирук И. В., Копчекчи М. Е. // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2024. — Т. 257. — № 1. — С. 289—292.

12. Nordsmark M. Hypoxia in human soft tissue sarcomas: adverse impact on survival and no association with p53 mutations / Nordsmark M., Alsner J., Keller J. et al. // Br J Cancer 2001;84(8):1070—5. DOI: 10.1054/bjoc.2001.1728.

13. Pedersen N. A Aggerholm prognostic profile of hypoxiainduced genes for localised highgrade soft tissue sarcoma / Pedersen N.A., Sorensen B.S., Overgaard J. et al. // Br J Cancer 2016;115(9):1096-104. DOI: 10.1038/bjc.2016.310.

REFERENCES

1. Aliyev M. D. Modern Approaches to the Treatment of Soft Tissue Sarcomas / Aliyev M. D. // Practical Oncology, 2004, vol. 5, No. 4, P. 250—253.

2. Davydov, M. I. Encyclopedia of Clinical Oncology / M. I. Davydov et al. // M. 2004, P. 364—374.

3. Gorinsky, V. I. Analysis of the spread of oncological diseases of domestic unproductive animals in the administrative districts of Volgograd / V. I. Gorinsky, V. V. Salautin, N. A. Pudovkin, S. E. Salautina // Agrarian Scientific Journal. — 2022. — №2 (1). — P. 51—54.

4. Patrikeev N. V. Histological Characteristics of Mammary Adenocarcinoma in Decorative Rats / N. V. Patrikeev, I. V. Ziruk // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2025. No. 2. P. 201—206.

5. Ziruk, I. V. Morphological Features of Fibroadenoma in Rats / I. V. Ziruk, M. E. Kopchekchi, S. V. Savina, S. N. Povetkin et al. // Scientific Life. 2025. Vol. 20. No. 4 (142). P. 1033—1041.

6. Ziruk, I. V. Features of mammary adenocarcinoma in senior cats / I. V. Ziruk, M. E. Kopchekchi, A. A. Zubritsky, S. N. Povetkin et al. // Scientific Life. 2025. Vol. 20. No. 4 (142). P. 1024—1032.

7. Mustafayeva K. N. Ultrastrukturnye izmeneniya v pecheni koshok pri lipidozakh na fone antitsitokinovoi terapii / K. N. Mustafayeva, A. I. Letkin // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. No. 7 (249). P. 54—59.

8. Rudenko, P. A. Improvement of the prevention of postoperative purulent-inflammatory complications in cats / P. A. Rudenko // Vestnik Ulyanovskoy gos. selskohozyaystvennoy akademii. 2017 No. 1 (65), P. 148—152.

9. Shchipakin, M.V. Cytology of the breast stroma of Zaanen goats in various functional conditions / M. V. Shchipakin // Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2013. No. 4. P. 57—59.

10. Shchipakin, M. V. Ultrastructure of the breast parenchyma / M. V. Shchipakin // Hippology and veterinary medicine. 2014. No. 3 (13). P. 75—79.

11. Yarosh Ya.E. Clinical case of seminoma in a male Pekingese/ Yarosh Ya.E., Klyukin S.D., Ziruk I.V., Kopchekchi M.E.//Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2024. Vol. 257. No. 1. P. 289—292.

12.Nordsmark M. Hypoxia in human soft tissue sarcomas: adverse impact on survival and no association with p53 mutations / Nordsmark M., Alsner J., Keller J. et al. // Br J Cancer 2001;84(8):1070—5. DOI: 10.1054/bjoc.2001.1728.

13. Pedersen N. A Aggerholm prognostic profile of hypoxiainduced genes for localised highgrade soft tissue sarcoma / Pedersen N.A., Sorensen B. S., Overgaard J. et al. // Br J Cancer 2016;115(9):1096—104. DOI: 10.1038/bjc.2016.310.

УДК: 619:616.314-003.8:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.338

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ И ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ РЕЗОРБЦИИ ЗУБОВ У СОБАК В СРАВНИТЕЛЬНОМ АСПЕКТЕ

Фролов В. В.[1] — д-р биол. наук, профессор каф. болезни животных и ветеринарно-санитарной экспертизы; **Егунова А. В.**[1] — канд. биол. наук, доц. каф. болезни животных и ветеринарно-санитарной экспертизы; **Иванцов В. А.**[2] * — канд. биол. наук, доц. каф. анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова.

[1]ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

[2] ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина.

*ivancov@mgavm.ru.

Ключевые слова: *ветеринарная стоматология, одонтогенез, собаки, резорбция зубов, виды резорбции, микроморфология зубов, физиологическая резорбция зубов, одонтопатия, патологическая резорбция зубов.*

Key words: *veterinary dentistry, odontogenesis, dogs, tooth resorption, types of resorption, micromorphology of teeth, physiological tooth resorption, odontopathy, pathological tooth resorption.*

Поступила в редакцию / Received: 20.01.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Патологическая резорбция зубов может быть инициирована множеством факторов, действующих как отдельно, так и комплексно. В публикации представлена морфологическая картина состояния зубов всех генераций, подвергшихся разным типам резорбции (физиологическая и патологическая) корневой системы у собак. Исследование проводились на базе кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Вавиловского университета и кафедре анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, а также ветеринарной клиники «Центральная на Московской» (г. Саратов). Объектом исследования являлись собаки различных возрастных групп (от 7 месяцев до 8 лет). Материалом для исследования служили молочные (n=50) и постоянные зубы (n=70), которые были экстерпированы по стоматологическим показаниям. На основании одонтоскопического и микроскопического исследования экстирпированных зубов установлено, что физиологическая и патологическая резорбция влияют на структурную организацию зубочелюстной системы у собак. Этот процесс у изучаемых нами животных протекал одинаково. Так, в начальной стадии образуются незначительные по площади каверны, которые в последующем увеличиваются в размерах и сливаются, тем самым образуя более крупные полости. Если физиологическая резорбция у молочных зубов приводит к рассасыванию корней и их выпадению под воздействием биомеханической нагрузки (жевание, игры), то у постоянных, данный процесс вызывает невозвратное истончение дентальных тканей корневой системы, ведущие к полной потере зуба. Все виды резорбции всегда регистрировались на границах корня зуба и его пришеечной части дентина у изученных нами собак.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Общеизвестно, что у человека резорбция зубов в первую очередь затрагивает корневую систему [2], что ведет к безвозвратной утрате дентина и/или цемента как у молочных, так и постоянных зубов [2—5].

Собственно, резорбцию принято делить на два типа: физиологическую и патологическую [2, 5, 12, 13]. Физиологическая резорбция является неотъемлемым элементом в процессе одонтогенеза, благодаря которому осуществляется смена генераций зубов у собак, в то время как патологическая представляет собой деструкцию не только корневой системы, но и всего зубочелюстного аппарата у животных [3—9, 12, 13].

Патологическая резорбция зубов может быть инициирована множеством факторов, действующих как отдельно, так и комплексно [5, 12]. К ним могут относиться хронические воспалительные процессы в пульпе и парадонте, травмы зубов, не корректное ортодонтическое лечение, а также назубные минерализованные образования (одонтогенные отложения) [1, 7, 10, 11].

В литературных источниках скудно описаны случаи возникновения резорбции зубов у собак на фоне патологий внутренних органов [5—10], эндокринной системы [8] и вирусных заболеваний [14].

Данные о распространенности патологической резорбции у собак имеют существенные расхождения. По нашему мнению, это касается того, что большинство авторов отмечают вместо резорбции зубов у собак кариес [1, 6, 7, 15—17], что является не совсем корректным термином для данного патологического процесса. Так, ряд авторов в своих исследованиях указывают на то, что распространенность патологической резорбции у собак взаимосвязана с породными особенностями животных, их формой

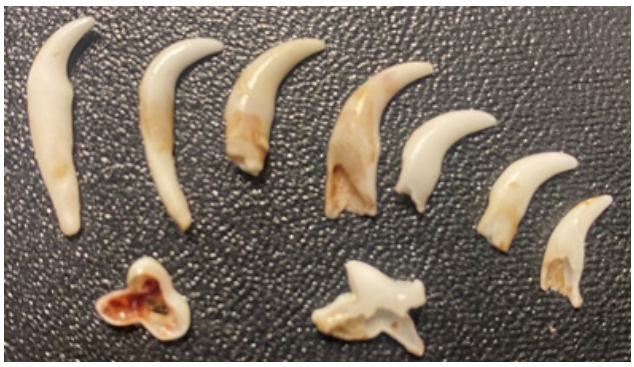


***Рисунок 1** — Макрокартина корневой системы молочных зубов у собаки (от 8—9 месяцев) при физиологической резорбции.*

***Figure 1** — Macro picture of the root system of deciduous teeth in a dog (8—9 months) with physiological resorption.*

головы, общим состоянием органов полости рта, типом кормления и содержания [1, 6—10].

Имеющиеся исследования указывают на определенные трудности в диагностике этой одонтопатии у собак [1, 11—13, 15]. В первую очередь это касается отсутствия единого клинико-диагностического алгоритма к исследованию патологической резорбции зубов у животных, скудость литературных источников, неправильная диагностика и необнаруженные поражения корневой системы зубов [4, 9]. Все это являются проблемами при определении общей распространенности патологической резорбции корня зуба, оценки его клинического состояния и выбора стратегии лечения у собак [6, 9].

В большинстве случаев физиологическая и патологическая резорбции зуба у домашних животных протекает бессимптомно и выявляется при клиническом осмотре органов зубочелюстной системы и обзорной рентгенографии области головы [1, 12, 13].

Исходя из выше изложенного, целью исследования являлось — установить морфологическую картину состояния зубов всех генераций, подвергшихся разным типам резорбции (физиологическая и патологическая) корневой системы у собак.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Наши исследования (2024—2025 гг.) были проведены на базе кафедры «Внутренних болезней и ВСЭ» Вавиловского университета, кафедры «Анатомии и гистологии животных им. профессора А. Ф. Климова» ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА имени К. И. Скрябина», а также ветеринарной клиники «Центральная на Московской» (г. Саратов).

Объектом исследования являлись собаки различных возрастных групп (от 7 месяцев до 8 лет). Материалом для исследования служили молочные (n=50) и постоянные зубы (n=70), которые были экстерпированы по стоматологическим показаниям. После проведения одонтоскопического исследования удаленных зубов, из них изготавливали микропрепараты, исследование которых было проведено на микроскопе LEICA LMD 7000 (Leica Microsystems CMS GmbH).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. При клиническом осмотре зубочелюстной системы у собак при всех типах резорбции, отмечалась следующая картина: визуализация участков резорбции у молочных зубов отсутствовала. В ряде случаев некоторые коронки временных зубов (клыки) имели розовый цвет, что свидетельствовало о полной резорбции корней и скором выпадении.

Макроморфологическое исследование экстерпированных молочных зубов у собак показало, что их корни имели различное состояние — отмечались случаи полной резорбции корней, частичного рассасывания корней или отсутствия таковой. При полной резорбции корней наблюдалось полное отсутствие корневой системы. Коронки таких зубов

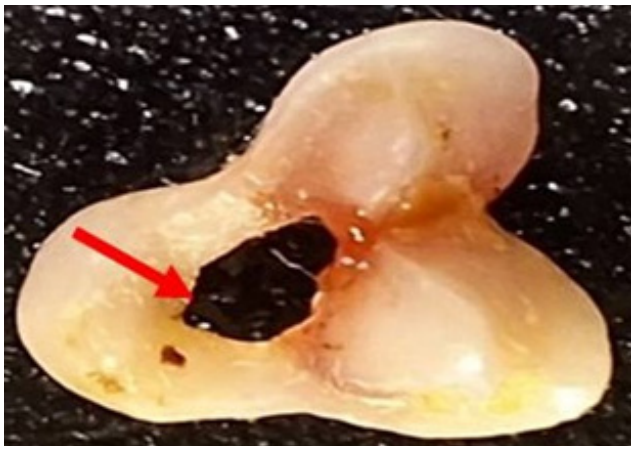


***Рисунок 2** — Верхнечелюстной последний молочный премоляр верхней челюсти собаки (8 мес.). Макропрепарат: стрелкой указан участок резорбции жевательной поверхности коронки зуба.*

***Figure 2** — The maxillary last deciduous premolar of an 8-month-old dog. Macroscopic specimen: the arrow indicates the area of resorption of the chewing surface of the tooth crown.*

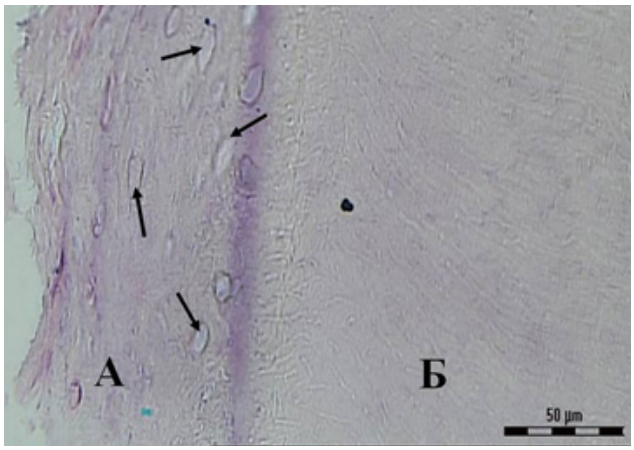


***Рисунок 3** — Молочный зуб собаки (7 мес.). Микропрепарат. Гематоксилин и эозин: А — цемент корня; Б — дентин корня; стрелками указаны участки физиологической резорбции.*

***Figure 3** — A deciduous tooth of a dog (7 months old). Microscopic preparation. Hematoxylin and eosin: A — root cementum; B — root dentin; arrows indicate areas of physiological resorption.*

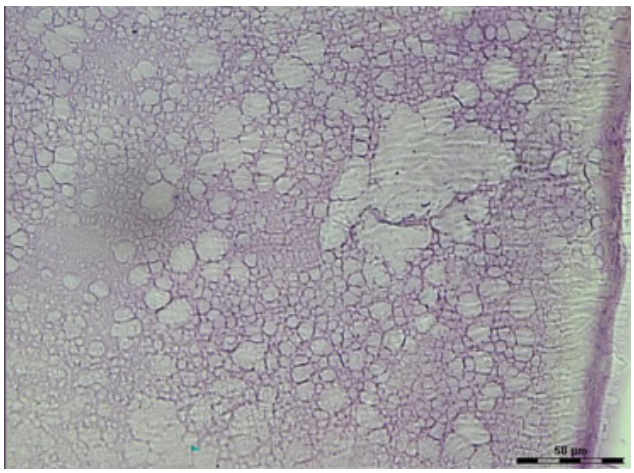


Рисунок 4 *— Молочный зуб собаки, подвергшийся физиологической резорбции (8 мес.). Микропрепарат. Гематоксилин и эозин.*

Figure 4 *— A canine deciduous tooth that has undergone physiological resorption (8 months). Microscopic preparation. Hematoxylin and eosin.*

Рисунок 5 *— Клык верхней челюсти, подвергшийся патологической резорбции собаки (5 лет): очаг поражения указан стрелкой.*

Figure 5 *— Upper jaw canine tooth subjected to pathological resorption in a dog (5 years old): the lesion is indicated by an arrow.*

выглядели в виде полых колпачков без наличия зубной пульпы (рис. 1).

Переход физиологической резорбции с корня зуба на его коронку встречалось в единичных случаях — на верхнечелюстных последних премолярах (рис. 2). Участок резорбции коронки всегда выглядел в виде перфорации, затрагивающий собой жевательные бугры зуба и фиссуры и центральное углублении.

Микроморфологическая картина физиологической резорбции временных зубов зависела от степени ее развития. Так, на начальной стадии все участки рассасывания корней были сконцентрированы в цементе корня и на его границе с дентином. Они выглядели в виде овальных каверн, размеры которых достигали 30х60 μm. В таком случае сам цемент выглядел в виде рыхлого конгломерата, без волокон и структурной организации. Дентин сохранял собственную матричную структуру, в виде трубочек и интертабулярного вещества. Однако, на его границе с цементом регистрировались места с деструктивными изменения (рис. 3).

При дальнейшем развитии физиологической резорбции с охватом более 50 % поверхности корня молочного зуба, отмечались очаги данного процесса в его центральную область, при одновременном исчезновении цемента. Очаги разрушения дентина зубов первой генерации были отмечены на протяжении всей дентальной ткани и имели округлую форму с различным диаметром. Судя по контурам самых больших очагов разрушения дентина, можно предположить о периферическом росте более мелких, которые сливаясь между собой образуют крупные.

При окончательной фазе физиологической резорбции нами не регистрировалось наличие дентина и цемента. Только на микропрепаратах молочных зубов с остатками эмали, с ее внутренней поверхности были отмечены следы не оформленного дентина (рис. 4).

При клиническом осмотре зубочелюстного аппарат собак, имеющей зубы, подвергшиеся патологической резорбции, нами установленно, что эмаль не имела видимых признаков разрушения. Все очаги поражения были сосредоточены в различных областях корневой части. (рис. 5).

При изучении микропрепаратов экстерпированных зубов было выявлено, что патологические очаги выглядят в виде клиновидных дефектов, глубина которых, в ряде случаев, достигает пульпарной камеры. Значительная резорбция приводит к тому, что корни зубов приобретают полупрозрачный матовый цвет, также встречались случаи и розоватого цвета, что может свидетельствовать о кровоизлиянии корневого дентина.

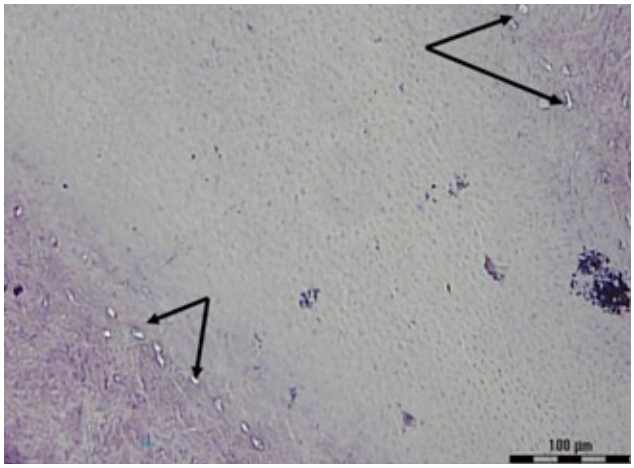


Рисунок 6 *— Клык собаки (5 лет) с начальной стадией патологической резорбции. Микропрепарат. Гематоксилин и эозин: очаги поражения указаны стрелками.*

Figure 6 *— Canine tooth of a 5-year-old dog with the initial stage of pathological resorption. Microscopic preparation. Hematoxylin and eosin: lesions are indicated by arrows.*

Микроморфологическое исследование показало, что патологическая резорбция отмечалась только в цементе и дентине. При начальной стадии этого патологического процесса отмечались участки поражения в центральной области дентина, особенно на границе первичного и вторичного дентина. Очаги патологической резорбции выглядели в виде неровных округлостей, расположенных в ряд на границе первичного и вторичного дентина. Матричная структура первичного дентина была полностью нарушена, однако она сохранялась во вторичном (рис. 6).

Цемент корня зуба имел рельефную поверхность, за счет фрагментарности — там, где он отсутствовал располагался дентин (рис. 7).

При значительной степени патологической резорбции, в случае поражения всего зуба, участки поражения встречаются на протяжении всего корневого дентина. За счет разрушения дентинных канальцев и интертубулярного вещества, очаги поражения увеличиваются в размере, что способствует их слиянию в единую каверну с абсолютной деструкцией матричной структуры дентина.

Слияние крупных очагов патологической резорбции цемента зуба приводит к образованию крупных полостей, способных открываться наружно. Такое проявление патологической резорбции принято обозначать как инвазионную форму патологической резорбции (рис. 8). Возможно наличие до 3—4 таких инвазий у однокоренных зубов.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Исследования показали, что физиологическая и патологическая резорбция влияют на структурную организацию зубочелюстного аппарата у собак. Данный процесс у изучаемых нами животных протекал одинаково. Так, в начальной стадии образуются незначительные по площади каверны, которые в последующем увеличиваются в размерах и сливаются, тем самым образуя более крупные полости. Если физиологическая резорбция у молочных зубов приводит к рассасыванию корней и их выпадению под воздействием биомеханической нагрузки (жевание, игры), то у постоянных, данный процесс вызывает невозвратное истончение дентальных тканей корневой системы, ведущие к полной утрате зуба. Все виды резорбции всегда локализовались на границах корня зуба и его пришеечной части дентина у изученных нами собак.

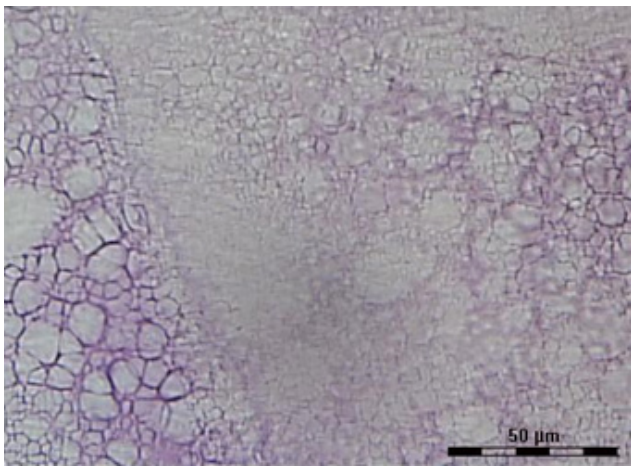


***Рисунок 7** — Клык верхней челюсти собаки (5 лет) при патологической резорбции твердых тканей корня (дентин и цемент). Микропрепарат. Гематоксилин и эозин.*

***Figure 7** — Canine tooth of the upper jaw of a 5-year-old dog with pathological resorption of hard root tissues (dentin and cementum). Microscopic preparation. Hematoxylin and eosin.*

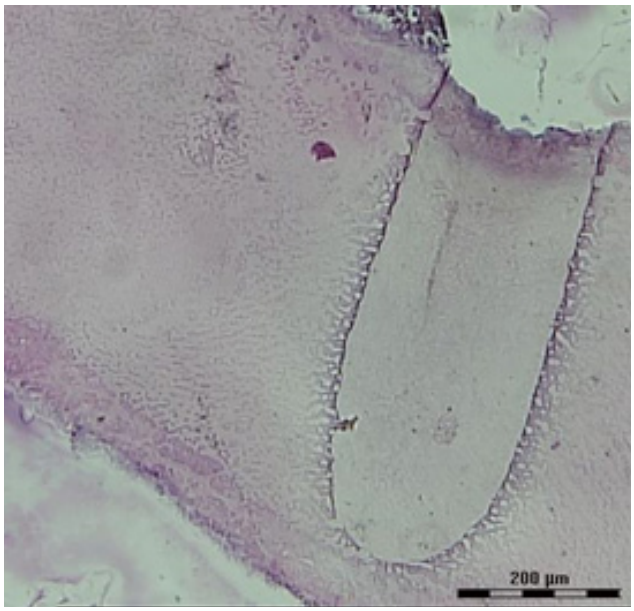


***Рисунок 8** — Резец верхней челюсти собаки (6 лет) при инвазивной форме патологической резорбции корня зуба. Микропрепарат. Гематоксилин и эозин.*

***Figure 8** — Upper jaw incisor of a 6-year-old dog with invasive pathological root resorption. Microscopic specimen. Hematoxylin and eosin.*

MORPHOLOGICAL PICTURE OF PHYSIOLOGICAL AND PATHOLOGICAL TEETH RESORPTION OF DOGS IN A COMPARATIVE ASPECT

Frolov V. V.[1] — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Disease and Veterinary Sanitary Expertise; **Egunova A. V.**[1] — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Disease and Veterinary Sanitary Expertise; **Ivantsov V. A.**[2] * — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A. F. Klimov.

[1]Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering by N. I. Vavilov.

[2]Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K. I. Skryabin.

* ivancov@mgavm.ru.

ABSTRACT. *Pathological tooth resorption can be initiated by a variety of factors, acting both individually and in combination. The publication presents a morphological picture of the condition of teeth of all generations, subjected to different types of resorption (physiological and pathological) of the root system in dogs. The study was conducted at the of the Department of Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Examination of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Vavilov University and the Department of Anatomy and Histology of Animals named after Prof. A.F. Klimov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K. I. Skryabin, as well as the Central Veterinary Clinic on Moskovskaya, (Saratov). The object of the study were dogs of various age groups (from 7 months to 8 years). The material for the study was deciduous (n=50) and permanent teeth (n=70), which were extirpated for dental indications. Based on odontoscopic and microscopic examination of the extirpated teeth, it was established that physiological and pathological resorption affect the structural organization of the dental system in dogs. This process proceeded similarly in the animals we studied. Thus, in the initial stage, small cavities form, which subsequently increase in size and merge, thereby forming larger cavities. While physiological resorption in primary teeth leads to root resorption and loss under biomechanical stress (chewing, playing), in permanent teeth, this process causes irreversible thinning of the dental tissues of the root system, leading to complete tooth loss. All types of resorption were always recorded at the root margins and the cervical dentin in the dogs we studied.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ветеринарная стоматология: учебно—методическое пособие для вузов / Н. А. Слесаренко, А. В. Красников, В. А. Иванцов [и др.]. — 3-е издание стереотипное. — Санкт-Петербург: ООО Издательство «Лань», 2025. — 131 с.

2. Ладанова М. А. Экстракция зубов у собак / М. А. Ладанова, Е. В. Краскова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2024. — №3. — С. 79—82.

3. Макеева И. М. Особенности внутренней резорбции корней зубов / И. М. Макеева, Ю. Г. Лоос // DENTAL FORUM. — 2021. — № 1. — С. 37—43.

4. Нейзберг Д. М. Внутренняя резорбция корня зуба / Д. М. Нейзберг, Р. С. Мусаева, Г. А. Минасян // Наука и образование — 2024. Сборник статей Международной научно—практической конференции. Петрозаводск. — 2024. — С. 200—211.

5. Рабинович И. М. Резорбция корня зуба — этиология, патогенез, лечение / И. М. Рабинович, М. В. Снегирев, Ч. И. Мархеев // Стоматология. — 2022. — № 98(3). — С. 109—116.

6. Слесаренко Н. А. Клиническая анатомия зубного органа собаки, учебное пособие / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов — 2-ое издание, дополненное — М: ООО «Академия Принт», 2024 — 122 с.

7. Слесаренко Н. А. Морфологическое обоснование возникновения кариозных поражений у собак в зависимости от морфотипа головы / Н. А. Слесаренко, В. А. Иванцов // Сборник научных трудов двенадцатой международной межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате Partners : материалы конференции, Москва, 17—18 ноября 2022 года. — Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. — С. 536—540.

8. Фролов В. В. Гистоморфологические особенности тубулярной системы зубов у собак / В. В. Фролов, С. О. Лощинин, Я. И. Новиков, А. В. Егунова, М. В. Забелина // Аграрный научный журнал. — 2025. — №6. — С. 64—69.

9. Фролов В. В. Гистоморфология шлифов зубов у щенят / В. В. Фролов, Я. И. Новиков, А. В. Егунова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2023. — №4 (64). — С. 69—76.

10. Фролов В. В. Дентиция и генерации зубов у собак (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) / В. В. Фролов // М.: ИКЦ «Колос — С». — 2020. — 255 с.

11. Фролов В. В. Клинико-морфологическая характери-

REFERENCES

1. Veterinary Dentistry: a teaching aid for universities / N.A. Slesarenko, A.V. Krasnikov, V.A. Ivantsov [et al.]. — 3rd stereotypical edition. — St. Petersburg: OOO Izdatelstvo «Lan», 2025. — 131 p.

2. Ladanova M. A. Tooth extraction in dogs / M. A. Ladanova, E. V. Kraskova // Normative and legal regulation in veterinary medicine. — 2024. — No. 3. — P. 79—82.

3. Makeeva I. M. Features of internal resorption of tooth roots / I. M. Makeeva, Yu. G. Loos // DENTAL FORUM. — 2021. — No. 1. — P. 37—43.

4. Neizberg D. M. Internal resorption of the tooth root / D. M. Neizberg, R. S. Musaeva, G. A. Minasyan // Science and education — 2024. Collection of articles from the International scientific and practical conference. Petrozavodsk. — 2024. — P. 200—211.

5. Rabinovich I. M. Tooth root resorption — etiology, pathogenesis, treatment / I. M. Rabinovich, M. V. Snegirev, Ch. I. Markheev // Dentistry. — 2022. — No. 98 (3). — P. 109—116.

6. Slesarenko N. A. Clinical anatomy of the dental organ of the dog, a study guide / N. A. Slesarenko, V. A. Ivancov — 2nd edition, supplemented — M: OOO «Akademiya Print», 2024 — 122 p.

7. Slesarenko N. A. Morphological substantiation of the occurrence of carious lesions in dogs depending on the head morphotype / N. A. Slesarenko, V. A. Ivancov // Collection of scientific papers of the twelfth international interuniversity conference on clinical veterinary medicine in Partners format: conference materials, Moscow, November 17—18, 2022. — Moscow: Agricultural technologies, 2022. — P. 536—540.

8. Frolov V. V. Histomorphological features of the tubular system of teeth in dogs / V. V. Frolov, S. O. Loshchinin, Ya. I. Novikov, A. V. Egunova, M. V. Zabelina // Agrarian scientific journal. — 2025. — No. 6. — P. 64—69.

9. Frolov V. V. Histomorphology of tooth sections in puppies / V. V. Frolov, Ya. I. Novikov, A. V. Egunova // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. — 2023. — No. 4 (64). — P. 69—76.

10. Frolov V. V. Dentistry and tooth generation in dogs (Textbooks and teaching aids for students of higher educational institutions) / V. V. Frolov // Moscow: ITC «Kolos—S». — 2020. — 255 p.

11. Frolov V. V. Clinical and morphological

стика зубного органа собак при одонтогенных образованиях / В. В. Фролов, А. В. Егунова, В. А. Иванцов // Международный ветеринарный вестник — 2025. — №3. — С. 331—340.

12. Фролов В. В. Микроморфологические особенности патологической инвазивной резорбции корней зубов у собак / В. В. Фролов, А. В. Егунова, В. А. Иванцов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2025. — № 12. — Т. 1. — С. 18—24.

13. Фролов В. В. Микроморфологическая картина физиологической резорбции твёрдых тканей корневой системы молочных зубов в межгенерационный период одонтогенеза у собаки / В. В. Фролов, А. В. Егунова, В. А. Иванцов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2025. — № 6(116). — С. 156—161.

14. Фролов В. В. Сравнительная оценка степени распространения болезней органов полости рта у собак в различных регионах России / В. В. Фролов, Я. И. Новиков и др. // Аграрные конференции: ФГБОУ ВО Вавиловский университет. — 2024. — № 44 (2). — С. 16—23.

15. Brooke A. Nemec. Veterinary Periodontology / Brooke A. Nemec. — Wiley—Blackwell, 2013 — 358 p.

16. Simon Hillson. Teeth — 2-d ed. / Simon Hillson — UK: Cambridge university press, 2005. — 373 p.

17. Small Animal Dentistry / Cedric Tutt — Blackwell Publishing Ltd., 2006. — 282 p.

characteristics of the dental organ of dogs with odontogenic formations / V. V. Frolov, A. V. Egunova, V. A. Ivancov // International Veterinary Bulletin — 2025. — No. 3. — P. 331—340.

12. Frolov V. V. Micromorphological Features of Pathological Invasive Resorption of Tooth Roots in Dogs / V. V. Frolov, A. V. Egunova, V. A. Ivancov // Veterinary Science, Animal Science and Biotechnology. — 2025. — No. 12. — Vol. 1. — P. 18—24.

13. Frolov V. V. Micromorphological Picture of Physiological Resorption of Hard Tissues of the Root System of Primary Teeth in the Intergenerational Period of Odontogenesis in Dogs / V. V. Frolov, A. V. Egunova, V. A. Ivancov // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. — 2025. — No. 6 (116). — P. 156—161.

14. Frolov V. V. Comparative assessment of the prevalence of oral diseases in dogs in various regions of Russia / V.V. Frolov, Ya. I. Novikov, A. V. Egunova, S. O. Loshchinin // Agrarian conferences: Vavilov University. — 2024. — No. 44 (2). — P. 16—23.

15. Brooke A. Nemec. Veterinary Periodontology / Brooke A. Nemec. — Wiley—Blackwell, 2013 — 358 p.

16. Simon Hillson. Teeth — 2—d ed. / Simon Hillson — UK: Cambridge university press, 2005. — 373 p.

17. Small Animal Dentistry / Cedric Tutt — Blackwell Publishing Ltd., 2006. — 282 p.

УДК: 619:616.617-073.756.8:636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.344

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ДИАГНОСТИКИ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ЭКТОПИИ МОЧЕТОЧНИКА, ОСЛОЖНЕННОЙ ГИДРОНЕФРОЗОМ И НЕФРОЛИТИАЗОМ, У СОБАКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Чечнева А. В.[1,2]* — канд. ветеринар. наук, интерн каф. «Ветеринарная интернатура», доц. каф. болезней мелких домашних и экзотических животных (ORCID 0009-0002-4723-1423); **Налётова К. Н.**[1] — канд. ветеринар. наук, интерн каф. «Ветеринарная интернатура» (ORCID 0009-0004-8975-0664); **Утушкина К. Н.**[1] — интерн каф. «Ветеринарная интернатура» (ORCID 0009-0009-0683-785X).

[1]ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет.

[2]ФГБОУ ВО Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ».

*anast_asia@bk.ru.

Ключевые слова: *мочевыделительная система, собака, компьютерная томография, гидронефроз, гидроуретер, эктопия мочеточника.*

Key words: *urinary system, dog, computed tomography, hydro-nephrosis, hydroureter, ureteral ectopy.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.02.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *В статье рассмотрен клинический случай билатеральной эктопии мочеточников у кобеля породы сибирский хаски в возрасте 9 лет, поступившего в ветеринарную клинику с симптомами полиурии и полидипсии для проведения лечебно-диагностических мероприятий. Для постановки диагноза был использован комплексный подход обследования, включавший сбор и анализ анамнестических данных, общий клинический осмотр, лабораторную диагностику проб крови и мочи, спектральный анализ конкрементов, полученных в ходе проведения нефротомии, патоморфологическое исследование семенника, а также дополнительные инструментальные методы исследования: сонографическое исследование и компьютерная томография органов брюшной полости. В результате обследования больного животного было выявлено сочетание патологий мочевыделительной и репродуктивной систем, включавших в себя билатеральную интрамуральную эктопию мочеточников и нефролитиаз, осложненных гидронефрозом, а также доброкачественную гиперплазию предстательной железы и новообразование левого семенника. Особенностью данного клинического случая является возраст пациента (9 лет и 10 месяцев), при котором были выявлены клинические симптомы эктопии мочеточников, так как статистически данная патология проявляется и диагностируется в более раннем возрасте, как правило, до года. Стоит отметить, что в представленном исследовании чувствительность компьютерной томографии была выше по сравнению с сонографическим исследованием в отношении диагностики нефролитиаза, изменений паренхимы семенника, а также определения расположения устья мочеточников у данного пациента.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Этиологическим фактором развития нарушения мочеиспускания у собак могут являться различные патологии, среди которых наблюдаются врожденные анатомические аномалии, воспалительные заболевания, уролитиаз и онкологический процесс.

Эктопия мочеточника является редким врожденным заболеванием, которое характеризуется нарушением формирования мочеточника из мезодермального протока в период эмбриогенеза, что приводит к аномальному расположению одного или двух мочеточников дистальнее области тригона (мочепузырного треугольника) [1, 2]. При нормальном анатомическом расположении мочеточники берут свое начало в ретроперитонеальном пространстве от ворот почек, далее направляются каудально до дорсолатеральной части мочевого пузыря, где впадают в его полость, тем самым образуя область мочепузырного треугольника. Данная патология чаще наблюдается у самок, а первичные признаки недержания мочи проявляются в возрасте до 1,5 лет, в свою очередь, клинические признаки эктопии мочеточника у самцов могут проявлять в возрасте до 4 лет [3].

На сегодняшний день в ветеринарной медицине определяют две основные категории эктопии мочеточников: экстрамуральную и интрамуральную [4]. При экстрамуральной эктопии мочеточник впадает в мочеиспускательный канал, минуя мочевой пузырь. При интрамуральной эктопии мочеточник занимает анатомически правильное положение относительно мочевого пузыря, правильно проходит в толще стенки мочевого пузыря в проекции тригона, однако его устье располагается дистальнее: в области уретры, в том числе простатической его части или преддверия влагалища [2]. Интрамуральный тип эктопического мочеточника встречается в 95 % случаев [5, 6].

Наиболее предпочтительным методом диагностики эктопии мочеточника является компьютерно-томографическая экскреторная урография, так как чувствительность данного метода у собак со-

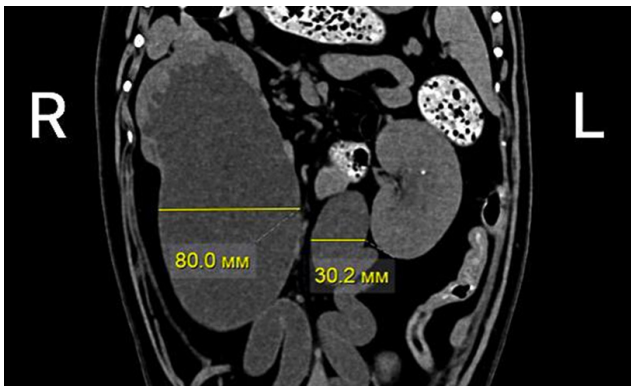


Рисунок 1 *— КТ, коронарная плоскость: расширение правого мочеточника до 80 мм и левого мочеточника до 30,2 мм.*

Figure 1 *— CT, coronal plane: dilation of the right ureter up to 80 mm and of the left ureter up to 30,2 mm.*

ставляет 91% по сравнению с сонографическим исследованием — 87,8 % [7, 8]. Кроме высокого качества визуализации эктопических мочеточников данное исследование позволяет оценить все структуры мочевыделительной системы для выявления сопутствующих патологий.

При эктопии мочеточников у собак часто наблюдают патологии верхнего отдела мочевыделительной системы, которые могут включать пиелоэктазию или гидронефроз, мегауретер (гидроуретер). Развитие данных патологий авторы связывают с нарушением перистальтики мочеточника, частичной его непроходимостью или развитием инфекционного процесса [9].

Целью работы является представление уникального клинического случая диагностики билатеральной интрамуральной эктопии мочеточника у собаки с первичным проявлением заболевания в возрасте 9 лет и 10 месяцев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Объектом исследования стал самец собаки породы сибирский хаски в возрасте 9 лет и 10 месяцев, поступивший в ветеринарную клинику с симптомами полиурии и полидипсии. Для обследования пациента использовали комплексный подход, включающий сбор и анализ анамнестических данных, общий клинический осмотр, лабораторные исследования: общий клинический анализ крови, биохимический анализ сыворотки крови, общий клинический и бактериологический анализы мочи, морфологическое исследование семенника, инфракрасная спектрометрия нефролита, также специальные методы исследования: чрескожное ультразвуковое исследование органов брюшной полости, компьютерную томографию брюшной полости с применением йодсодержащего неионного препарата.

Физикальный осмотр животного осуществлялся с требованиями, изложенными в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях и принципам обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ (Федеральный закон от 27.12.2018 N 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации») .

Биохимическое исследование крови осуществляли с использованием анализатора «Vetscan 2» (Abaxis Inc., США), морфологические исследования крови – на анализаторе «Micro CC-20 Plus» (High Technology, Inc., США). Сонографическое исследования проводили на аппарате «Mindray DC-70» (Китай) в положении животного на правом и левом боку, предварительно удалив шерстный покров с исследуемой области. Для исследования применяли линейный датчик с частотой 9,8 МГц и микроконвексный датчик с частотой 5 МГц.

Компьютерную томографию (КТ) выполняли при использовании КТ-сканера «Siemens Somatom go. Now» (Германия). Собаке была проведена индукция препаратом «Пропофол» в дозировке 4 мг/кг внутривенно, с последующим проведением оротрахеальной интубации и поддержанием ингаляционной анестезии препаратом «Изофлуран». Сканирование пациента осуществляли в стернальном положении (лежа на животе) с использованием следующего протокола:

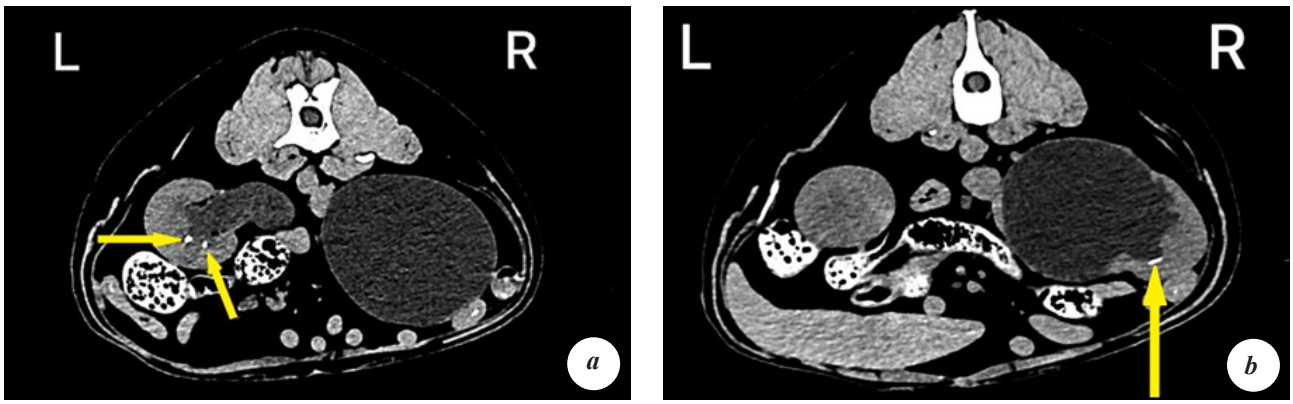


Рисунок 2 *— КТ, аксиальная плоскость: желтой стрелкой указаны контрастные включения (нефролиты) в левой (a) и правой (b) почках.*

Figure 2 *— CT, axial plane: contrast-enhanced inclusions (nephroliths) in the left (a) and right (b) kidneys are indicated by a yellow arrow.*

1. Нативное спиральное сканирование брюшной полости (до введения контрастного препарата).

2. Спиральное сканирование брюшной полости через 40 с после начала введения контрастного препарата (паренхиматозная фаза).

3. Спиральное сканирование брюшной полости через 120 с после начала введения контрастного вещества.

4. Спиральное сканирование брюшной полости через 180 с после начала введения контрастного вещества (экскреторная фаза).

Йодсодержащий неионный контрастный препарат «Йогексол-Акос» (350 мг/мл, Россия) вводился внутривенно в поверхностную вену предплечья в дозе 750 мг йода/кг с помощью автоматического инжектора «Medrad Salient S» (Bayer, Австралия), настроенного на максимальное давление 300 фунтов на квадратный дюйм (300PSI).

При эксцизионной биопсии в ходе проведения орхифуникулоэктомии использовали общую анестезию: премедикация дексмедетомидиом гидрохлорида (5 мкг/кг) с последующим внутривенным введением комбинации тилетамина гидрохлорида и золазепама гидрохлорида в дозировке 7,5 мг/кг и поддержанием изофлураном (1,5—2,0 объемных %) в потоке кислорода. Все процедуры выполнялись под контролем сатурации, частоты сердечных сокращений и температуры тела.

Патоморфологическое исследование материала проводили по общепринятой методике с окрашиванием гематоксилином и эозином и последующей микроскопией (микроскоп «Olimpus», Япония, увеличение окуляр х10, объектив х10 и х40).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. При оценке анамнестических сведений патологий мочевыделительной системы до представленного эпизода владельцы не отмечали, профилактические диспансеризационные исследования также отсутствовали. В течение всей жизни основным рационом собаки являлась гречневая крупа и отварное куриное мясо. При физикальном осмотре отклонений выявлено не было, при пальпаторном исследовании брюшной полости болезненность не отмечалась.

При оценке гематологических показателей было выявлено: незначительная лейкопения (6,31*10^9l, при норме 6,5—16*10^9l), увеличение палочкоядерных нейтрофилов (1,39*10^9l, при норме 0,0—0,6 *10^9l), а также лимфопения (0,63*10^9l, при норме 0,83—4,91*10^9l). В биохимическом анализе сыворотки крови выявлено незначительное снижение общего билирубина (0,6 mmol/l, при норме 2,0—13,5 mmol/l) и магния (0,75 mmol/l, при норме 0,8—1,1 mmol/l), а также умеренное повышение уровня щелочной фосфатазы (103 U/l, при норме 10,0—75,0 U/l) и аспартатаминотрансферазы (48,5 U/l, при норме 8,0—42,0 U/l).

Общий клинический анализ мочи свидетельствовал о щелочном уровне pH (9,0, при норме 5,7—7,5), наличии гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов и крупных струвитов в количестве более 30 единиц в поле зрения, а также о значительном количестве кокковой флоры, однако данный анализ был получен при естественном мочеиспускании, что не может указывать на истинную бактериурию.

При проведении сонографического исследования были выявлены признаки: билатерального гидронефроза, уретерита, эктопии и обструкции мочеточников на уровне устья мочеточника при впадении в шейку мочевого пузыря/уретру, нефролитиаза слева, взвеси в мочевом пузыре, новообразования и минерализации левого семенника, гиперплазии предстательной железы.

Учитывая признаки инфекционного процесса мочевыделительной системы по результатам лабораторного исследования проб кров и мочи, был проведен цистоцентез с целью бактериологического исследования мочи и определения чувствительности антибактериальных препаратов. После данной процедуры назначена антибиотикотерапия препаратом «Цефиксим» (цефалоспорин 3-го поколения) в дозировке 15 мг/кг 2 раза в сутки.

Предположительно, ключевым аспектом в патогенезе нарушения мочеиспускания у пациента являлось развитие гиперплазии предстательной железы и аномальное положение мочеточников, что привело к нарушению оттока мочи с последующим расширением мочеточников, и, как следствие, спровоцировало расширение почечных лоханок и образование в них нефролитов. На основании определения ведущих диагнозов, которые требовали хирургического лечения для нормализации мочеиспускания, было принято решение о проведении интрамуральной реимплантации мочеточников, нефролитотомии левой почки и орхифуникулоэктомии. Однако для планирования оперативного вмешательства требовалось уточнение локализации области впадения мочеточников, в связи с чем была выполнена компьютерная томография.

При оценке серии нативных срезов компьютерной томографии в «мягкотканном» окне было выявлено значительное расширение мочеточников в проксимальной части билатерально и смещение правой почки краниолатерально (рис. 1). Были обнаружены 2 контрастных включения в левой почке и единичное в правой почке плотностью 180—887 единиц Хаунсфилда (HU) при плотности паренхимы почек не более 52 HU, характерные для нефролитов (рис. 2). В репродуктивной системе были выявлены следующие изменения: признаки уменьшения левого семенника и неверифицированного очага мягкотканной контрастности, характерного для узловой гиперплазии (не исключен неопластический процесс), а также признаки очаговых изменений предстательной железы: гиподенсивных очагов относительно паренхимы, что может соответствовать кистозным образованиям, характерным для доброкачественной гиперплазии предстательной железы (рис. 3).

При оценке серии срезов компьютерной томографии после введения контраста в паренхиматозную фазу в «мягкотканном» окне было выявлено расширение почечной лоханки до 50,7 мм справа

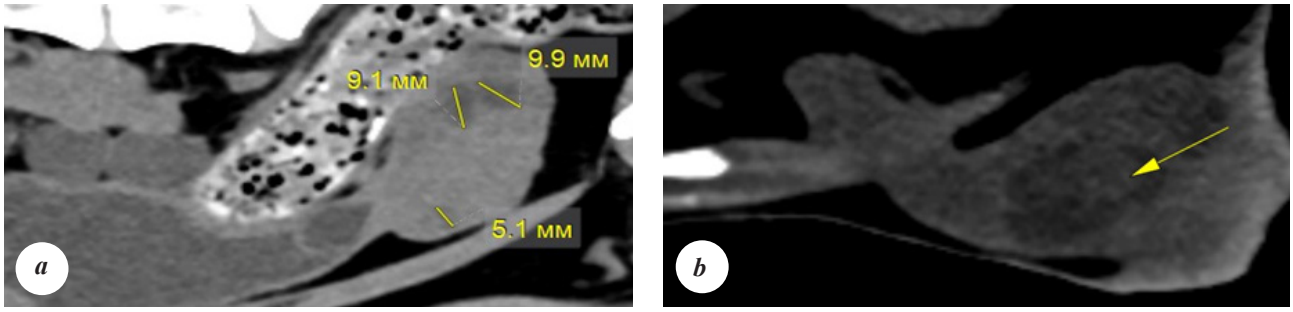


Рисунок 3 *— КТ, сагиттальная плоскость: очаговые изменения предстательной железы диаметром до 9,9 мм (a) и левого семенника (b).*
Figure 3 *— CT, sagittal plane: focal changes in the prostate gland with a diameter of up to 9.9 mm (a) and in the left testis (b).*

и до 18,5 мм слева (рис. 4), в экскреторную фазу — эктопия мочеточников билатерально (рис. 5).

После проведения нефролитотомии извлеченные конкременты были исследованы методом инфракрасной спектрометрии, при котором был определен их состав: 80 % магнийаммонийфосфат гексагидрат и 20 % оксалат кальция дегидрат.

Патоморфологическое исследование левого семенника выявило новообразование полового тяжа – лейдигому (рис. 6): ткань опухоли образована полями, тяжами, кистоподобными структурами неправильной формы из атипичных интерстициальных клеток Лейдига [10]. Семенные канальцы в опухолевой ткани отсутствуют. Данные клетки полиморфные, полигональные, эпителиодной формы. Ядра клеток округлой формы, содержат гиперхромный зернистый хроматин и чаще 1 нуклеолу. Цитоплазма клеток негомогенная, зернистая, часто содержит вакуоли, ядерно-цитоплазматическое отношение умеренное или низкое. Фигур митоза не определяется. Некроза опухолевой ткани не обнаружено. Васкуляризация выражена, капиллярного типа, с образованием сосудистых каверн, заполненных кровью. В окружающей ткани семенника сперматогенез сохранен, однако, количество сперматозоидов и клеток сперматогенного эпителия снижено — состояние гипоплазии сперматогенеза. Минерального компонента в ходе проведения патоморфологического исследования семенника выявлено не было.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В настоящее время в литературе представлено значительное количество случаев эктопии мочеточника у собак. Как правило, клинические признаки патологии (в частности недержание мочи) наблюдались преимущественно в возрасте до года, что обусловлено врожденным аномальным расположением устья мочеточника [1—9]. Представленный клинический случай демонстрирует необходимость включения эктопии мочеточника в список дифференциальных диагнозов у собак с признаками расстройства мочеиспускания независимо от возраста и при отсутствии недержания мочи как ведущего симптома.

С возрастом у животных количество патологических процессов и структурных изменений в организме увеличивается, что подчеркивает необходимость комплексного обследования для выявления как основного, так и сопутствующих диагнозов. В настоящее время в ветеринарной практике существует множество методов диагностики, однако стоит учитывать особенности безопасности, чувствительности и специфичности их применения при составлении плана обследования животного. Таким образом, при анализе данных комплексного обследования выявлены расхождения результатов ультрасонографии и компьютерной томографии. В частности, при ультразвуковом исследовании конкременты в правой почке не были обнаружены, однако были выявлены очаги в паренхиме семенников, характерные для минерализации. Кроме того, сонографическое исследование не позволило однозначно определить локализацию устьев мочеточников. Вероятные

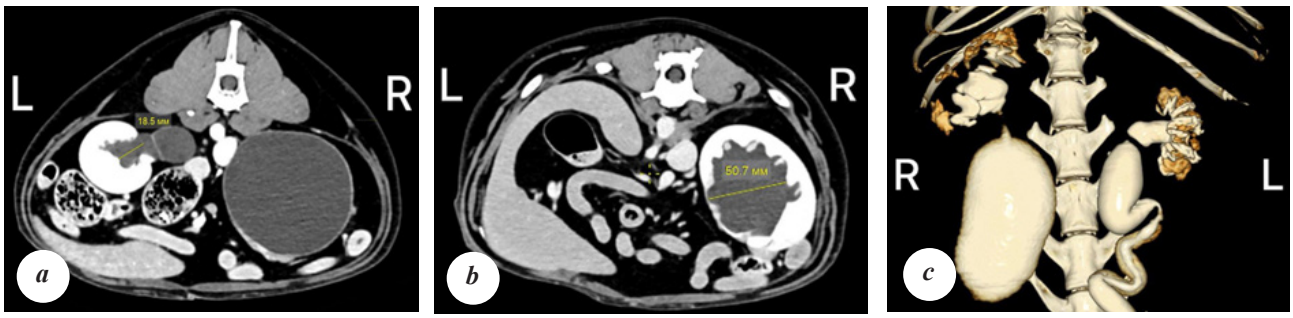


Рисунок 4 *— КТ, аксиальная плоскость: расширение почечной лоханки слева до 18,5 мм (a) и справа до 50,7 мм (b); Трехмерное реконструированное изображение пиелоэктазии и расширения мочеточника билатерально (b).*
Figure 4 *— CT, axial plane: dilation of the left renal pelvis up to 18,518,5 mm (a) and of the right renal pelvis up to 50,750,7 mm (b); 3D reconstructed image of bilateral pyelectasis and ureteral dilation (c).*

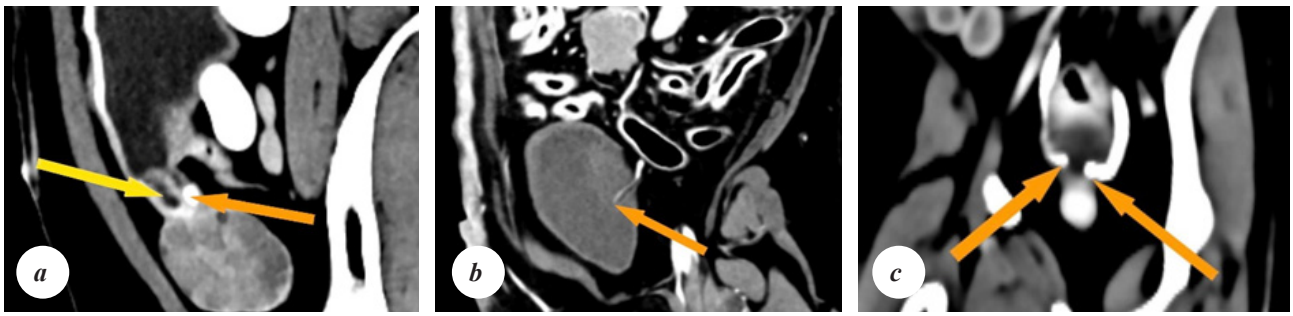


Рисунок 5 *— билатеральная эктопия мочеточника у обследованного пациента в сагиттальной плоскости (желтой стрелкой обозначен правый мочеточник, оранжевой стрелкой обозначен левый мочеточник) (a), по сравнению с нормальным расположением мочеточника (область тригона) у самки в сагиттальной плоскости (b) и у самца в косо-коронарной плоскости (c).*

Figure 5 *— CCT: bilateral ureteral ectopia in the examined patient in the sagittal plane (yellow arrow indicates the right ureter, orange arrow indicates the left ureter) (a), compared with the normal ureteral position (trigone region) in a female in the sagittal plane (b) and in a male in the oblique coronal plane (c).*

причины снижения чувствительности данного метода включают в себя излишнюю подвижность животного при исследовании, значительные анатомо-топографические изменения визуализируемых структур. В рассматриваемом клиническом случае именно проведение компьютерной томографии позволило получить уточняющие данные о патологических изменениях мочеполовой системы животного, что подчеркивает важность мультимодального подхода.

До представленного случая о первичном проявлении эктопии мочеточника у животного в возрасте старше 9 лет в литературных источниках не упоминалось, что указывает на его уникальность.

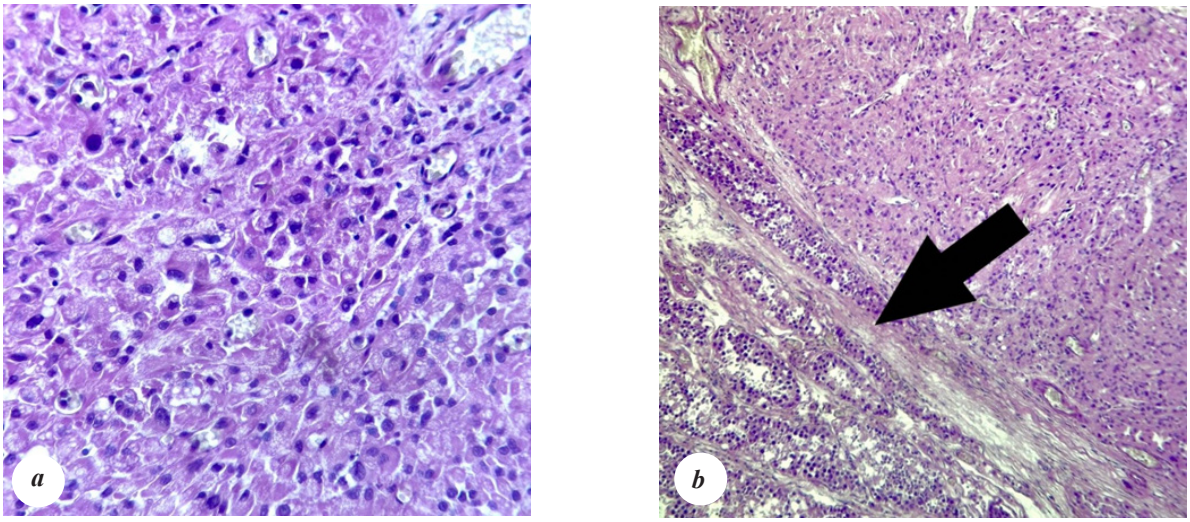


Рисунок 6 *— Гистологическая картина лейдигомы семенника: паренхима опухоли (a) (окраска гематоксилином и эозином, увеличение окуляр ×10, объектив ×40)., стрелкой указан участок гипоплазии сперматогенного эпителия (b) (окраска гематоксилином и эозином, увеличение окуляр ×10, объектив ×10).*

Figure 6*— Histological appearance of a Leydig cell tumour of the testis: tumour parenchyma (a) (stained with hematoxylin and eosin, eyepiece ×10, objective ×40), with an arrow indicating an area of spermatogenic epithelium hypoplasia (b) (stained with hematoxylin and eosin, eyepiece ×10, objective ×10).*

CLINICAL CASE OF DIAGNOSTICS OF BILATERAL URETERIC ECTOPY COMPLICATED BY HYDRONEPHROSIS AND NEPHROLITHIASIS IN A DOG USING COMPUTED TOMOGRAPHY

Chechneva A. V.[1,2]* — candidate of veterinary sciences, Intern of the Department of Veterinary Internship, associate professor of the department of diseases of small domestic, laboratory and exotic animals (ORCID 0009-0002-4723-1423); **Nalyotova K. N.**[1] — candidate of veterinary sciences, Intern of the Department of Veterinary Internship (ORCID 0009-0004-8975-0664); **Utushkina K. N.**[1] — Intern of the Department of Veterinary Internship (ORCID 0009-0009-0683-785X).

[1]Don State Technical University.

[2]Russian Biotechnological University «ROSBIOTECH».

*anast_asia@bk.ru.

ABSTRACT. *The article describes a clinical case of bilateral ureteral ectopia in a 9-year-old male Siberian Husky that was admitted to a veterinary clinic with polyuria and polydipsia for evaluation. A comprehensive diagnostic approach was used, including the collection and review of medical history, a general clinical examination, laboratory analysis of blood and urine samples, spectral analysis of renal calculi obtained during nephrotomy, a pathomorphological examination of the testes, and additional instrumental methods such as ultrasonography and abdominal computed tomography. As a result of the examination, a combination of pathologies affecting the urinary and reproductive systems was identified, including bilateral intramural ectopia of the ureters and nephrolithiasis complicated by hydronephrosis, as well as benign prostatic hyperplasia and a testicular neoplasm in the left testis. A notable feature of this clinical case is the patient's age (9 years and 10 months) at which clinical signs of ureteral ectopia were detected. Statistically, this pathology typically manifests and is diagnosed at an earlier age, usually before one year. It is worth noting that, in this case, the sensitivity of computed tomography was higher than that of ultrasonography for diagnosing nephrolithiasis, detecting changes in the testicular parenchyma, and determining the location of the ureteral orifice.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лапшин, А. Н. Трансуретральная лазерная абляция при интрамуральной эктопии мочеточников / А. Н. Лапшин и др. // VetPharma. — 2016. — Т. 3. № 31.

2. de Pinho Alves, D. Intraluminal unilateral ectopic ureter associated to ectopic ureterocele in a female dog—clinical, diagnostic and surgical aspects / D. de Pinho Alves et al. // Brazilian Journal of Veterinary Medicine. — 2025. — Vol. 47. — P . e008424. DOI: 10.29374/2527-2179.bjvm008424.

3. Visser, J. Prognostic factors for continence after surgical correction of ectopic ureters of 51 dogs with long—term follow-up / Visser, J., Fieten, H. et al. // Acta Veterinaria Scandinavica. — 2022. — Vol. 64. — №. 1. — P. 29. DOI: 10.1186/s13028-022-00648-9.

4. Fox, A. J. Computed tomographic excretory urography features of intramural ectopic ureters in 10 dogs / A. J. Fox et al. // Journal of Small Animal Practice. — 2016. — Vol. 57. — №. 4. — P. 210—213. DOI: 10.1111/jsap.12460.

5. Berent, A. C. Evaluation of cystoscopic—guided laser ablation of intramural ectopic ureters in female dogs / A. C. Berent, C. Weisse et al. // Journal of the American Veterinary Medical Association. — 2012. — Vol. 240. — №. 6. — P. 716—725. DOI: 10.2460/javma.240.6.716.

6. Schwarz, T. Four-dimensional CT excretory urography is an accurate technique for diagnosis of canine ureteral ectopia / T. Schwarz, N. Bommer, M. Parys et al. // Veterinary Radiology & Ultrasound. — 2021. — Vol. 62. — №. 2. — P. 190—198. DOI: 10.1111/vru.12934.

7. Secrest, S. The effects of furosemide on ureteral diameter and attenuation using computed tomographic excretory urography in normal healthy dogs / S. Secrest et al. // Vet Radiol Ultrasound. — 2013, Vol. 54. — №. 1. — P. 17—24. DOI: 10.1111/j.1740-8261.2012.01985.x

8. Taylor, O. Ultrasonography as a sensitive and specific diagnostic modality for the detection of ectopic ureters in urinary incontinent dogs / O. Taylor, R. Knight et al. // Veterinary Radiology & Ultrasound. — 2022. — Vol. 63. — №. 3. — P. 328—336. DOI: 10.1111/vru.13055.

9. Pintane, M. T. M. Lower Urinary Tract Contrast Studies in the Male Dog and Case Studies: Dis. — University of Glasgow (United Kingdom), 2000. — P. 48.

10. Газин, А. А. Морфологическая характеристика лейдигом у собак / А. А. Газин, Ю. А. Ватников, Е. В. Абрамова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. — 2022. — Т. 17, № 4. — С. 527—535. DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-4-527-535.

REFERENCES

1. Lapshin A. N., Afanasyeva M. V., Konovalova V. V. Transurethral laser ablation for intramural ureteral ectopia. VetPharma. 2016;3(31). (In Russ.).

2. de Pinho Alves, D. Intraluminal unilateral ectopic ureter associated to ectopic ureterocele in a female dog—clinical, diagnostic and surgical aspects / D. de Pinho Alves et al. // Brazilian Journal of Veterinary Medicine. — 2025. — Vol. 47. — P . e008424. DOI: 10.29374/2527-2179.bjvm008424.

3. Visser, J. Prognostic factors for continence after surgical correction of ectopic ureters of 51 dogs with long—term follow-up / Visser, J., Fieten, H. et al. // Acta Veterinaria Scandinavica. — 2022. — Vol. 64. — №. 1. — P. 29. DOI: 10.1186/s13028-022-00648-9.

4. Fox, A. J. Computed tomographic excretory urography features of intramural ectopic ureters in 10 dogs / A. J. Fox et al. // Journal of Small Animal Practice. — 2016. — Vol. 57. — №. 4. — P. 210—213. DOI: 10.1111/jsap.12460.

5. Berent, A. C. Evaluation of cystoscopic—guided laser ablation of intramural ectopic ureters in female dogs / A. C. Berent, C. Weisse et al. // Journal of the American Veterinary Medical Association. — 2012. — Vol. 240. — №. 6. — P. 716—725. DOI: 10.2460/javma.240.6.716.

6. Schwarz, T. Four-dimensional CT excretory urography is an accurate technique for diagnosis of canine ureteral ectopia / T. Schwarz, N. Bommer, M. Parys et al. // Veterinary Radiology & Ultrasound. — 2021. — Vol. 62. — №. 2. — P. 190—198. DOI: 10.1111/vru.12934.

7. Secrest, S. The effects of furosemide on ureteral diameter and attenuation using computed tomographic excretory urography in normal healthy dogs / S. Secrest et al. // Vet Radiol Ultrasound. — 2013, Vol. 54. — №. 1. — P. 17—24. DOI: 10.1111/j.1740-8261.2012.01985.x

8. Taylor, O. Ultrasonography as a sensitive and specific diagnostic modality for the detection of ectopic ureters in urinary incontinent dogs / O. Taylor, R. Knight et al. // Veterinary Radiology & Ultrasound. — 2022. — Vol. 63. — №. 3. — P. 328—336. DOI: 10.1111/vru.13055.

9. Pintane, M. T. M. Lower Urinary Tract Contrast Studies in the Male Dog and Case Studies: Dis. — University of Glasgow (United Kingdom), 2000. — P. 48.

10. Gazin A. A., Vatnikov Yu. A., Abramova E. V. Morphological characteristics of Leydig cell tumours in dogs. Vestnik Rossiiskogo Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Agronomiya i Zhivotnovodstvo. 2022;17(4):527—535. DOI:10.22363/2312-797X-2022-17-4-527-535. (In Russ.).

НЕЗАРАЗНЫЕ БОЛЕЗНИ

УДК: 619:618.7:616.2:616-036.8:636.2
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.350

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ТЕЛЯТ ПРИ АНТЕНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ

Жуков М. С.* — канд. ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-9317-7344); **Паршин П. А.** — д-р. ветеринар. наук (ORCID 0000-0002-8790-0540); **Шапошников И. Т.** — д-р. биол. н. (ORCID 0000-0003-0190-9083); **Бригадиров Ю. Н.** — д-р. ветеринар. наук (ORCID 0000-0003-3804-1732).

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии».

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru.

Ключевые слова: *анемия, коровы, телята, антенатальная гипоксия, заболеваемость.*

Key words: *anemia, cows, calves, antenatal hypoxia, morbidity.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *Исследования показывают, что 30—37% телят рождается в состоянии гипоксии, при этом распространённость антенатальной гипоксии у телят молочных пород составляет 23—25 %. В литературных данных отмечается, что гипоксическое состояние плода и новорождённого является основной причиной их гибели и возникновения неонатальных болезней. Однако данные о заболеваемости телят перенёсших антенатальную гипоксию в доступной отечественной и зарубежной литературе отсутствуют. Целью данного исследования являлось изучение заболеваемости желудочно-кишечными и респираторными болезнями телят, перенёсших антенатальную гипоксию, и определение связи межморбидного влияния. Опыт провели на комплексе по производству молока. Объектом исследования были новорожденные телята (n=44) красно-пёстрой породы, полученные от коров клинически здоровых и с риском развития гипоксии плода. В качестве дифференциального критерия, определяющего риск развития гипоксии у плода, использовали уровень гемоглобина (Hb) у коров-матерей. В работе представлены результаты изучения заболеваемости телят, перенёсших антенатальную гипоксию. Объектом исследования были новорожденные телята (n=44) красно-пёстрой породы, полученные от коров клинически здоровых и больных анемией. Установлено, что у них на 50,6% чаще развиваются желудочно-кишечные болезни и на 68,6 % респираторные заболевания. Выявлена достоверная положительная корреляционная связь (r=0,50, p<0,05) между анемией у коров и риском развития желудочно-кишечной и респираторной патологии у телят, а также между желудочно-кишечной и респираторной патологией (r=0,63, p<0,05). Это даёт основание предполагать, что респираторные болезни у животных являются следствием суммарного действия остаточных патологических явлений после перенесённой антенатальной гипоксии и желудочно-кишечной патологии.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Первостепенной задачей при организации рентабельного интенсивного молочного животноводства является получение ремонтного молодняка, адаптированного к жестким условиям промышленной технологии ведения хозяйственной деятельности [3]. Не вызывает сомнений то обстоятельство, что здоровье теленка определяется задолго до его рождения и напрямую зависит от клинического состояния коров во время беременности. Зачастую в этот период у них развиваются экстрагенитальные болезни, сопровождающиеся синдромом гипоксии, которые в 39,6 % случаев возникают по причине наличия анемии, болезней печени, органов дыхания и сердечно-сосудистой системы [2]. Необходимо отметить, что синдром гипоксии у беременных создаёт высокий риск развития гипоксии у плода. В результате действия гипоксии на плод возрастает риск развития гипотрофии [5]. В крови у новорожденных животных снижается pH, развивается гипоксия и гиперкапния [1, 6]. Всё это ухудшает качество приплода и его жизнеспособность. Исследования показывают, что 30—37 % телят рождается в состоянии гипоксии, при этом распространённость антенатальной гипоксии у телят молочных пород составляет 23—25 % [2, 4]. В литературных данных отмечается, что гипоксическое состояние плода и новорождённого является основной причиной их гибели и возникновения неонатальных болезней [7, 8]. Однако данные о заболеваемости телят перенёсших антенатальную гипоксию в доступной отечественной и зарубежной литературе отсутствуют.

Целью данного исследования являлось изучение заболеваемости желудочно-кишечными и респираторными болезнями телят, перенёсших

антенатальную гипоксию, и определение связи межморбидного влияния.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Опыт провели на комплексе по производству молока. Объектом исследования были новорожденные телята (n=44) красно-пёстрой породы, полученные от коров клинически здоровых и с риском развития гипоксии плода. В качестве дифференциального критерия, определяющего риск развития гипоксии у плода, использовали уровень гемоглобина (Hb) у коров-матерей. На основании этого были сформированы 2 группы коров: здоровые (группа 1, n=22, Hb=108,6±14,66 г/л) и больные анемией (группа 2, n=22, Hb=78,5±5,08 г/л).

Содержание телят. Телята были рождены в результате самопроизвольных родов, которые проходили без осложнений. В первые минуты жизни телёнка облизывала мать, после чего его помещали на 2 часа в термоклетку (38,5—40,0°С) для искусственного высушивания. После новорожденных содержали в индивидуальной клетке профилактория в течение 1 месяца, в котором относительная влажность была в пределах 60—64 %, температура воздуха 18—25°С. В последующем телят переводили в мелкогрупповые загоны, рассчитанные на 6 голов, в которых они содержались до 2-х месячного возраста с последующим объединением в крупные группы.

Организация кормления телят. Через 60 минут после рождения и определения массы тела телятам выпаивали 1,8—2,0 литра молозива хорошего качества. Повторное аналогичное кормление проводили через 6 часов, последующие 5 дней молозиво — молоко выпаивали по 2 л 3 раза в день из сосковой поилки. В течение последующих 65 суток им выпаивали сборное молоко. В возрасте 5—7 дней животным начинали скармливать престартерный комбикорм с переходом на стартерный на 50—56 сутки. С 9—10-дневного возраста телята имели свободный доступ к воде и их приучали к поеданию сена, а с 64—70 к поеданию силоса.

В первый день жизни телята подвергались клиническому обследованию. Определяли температуру тела, частоту дыхательных движений, частоту сердечных сокращений, цвет слизистых, количество резцов, время появления устойчивой позы стояния телёнка. Все телята находились под постоянным наблюдением в период от рождения до 3-месячного возраста. При этом акцентировали внимание на выявлении первичных случаев возникновения желудочно-кишечных и респираторных болезней.

Математико-статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistica v 10. Рассчитывали среднюю арифметическую (M) и среднеквадратическое отклонение (SD), достоверность разницы (P) по критерию Манна-Уитни. Методом множественных оценок Каплан-Майера определяли устойчивость телят к возникновению желудочно-кишечных и респираторных заболеваний, основываясь на времени наступления события для полных и цензурированных данных, что выражается в кумулятивной вероятности развития события от 0 до 1. Влияние межморбидных связей определяли с помощью непараметрического рангового корреляционного анализа Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. Клиническое обследование телят группы 1 показало, что их вес при рождении составлял 32,8±1,45 кг, слизистая оболочка дёсен имела равномерный розово-красный цвет. Устойчивая поза стояния наблюдалась через 65,3±24,02 мин. После щипка в области крупа телята самостоятельно вставали через 10—15 секунд. Средняя частота дыхательных движений через 15 мин после рождения была равна 30,2±3,64 дд/мин, частота сердечных сокращений 119,9±6,08 уд/мин, а температура тела 38,8±0,21°С. При аускультации грудной клетки выслушивалось усиленное везикулярное дыхание. У телят группы 2 масса тела при рождении составляла 28,1±1,51 кг и была ниже контроля на 14,3 % ($p<0,05$). Наблюдение показало, что через 125,5±35,87 мин после рождения они устойчиво стояли на ногах, а после щипка в области крупа вставали через 15—20 сек. Частота дыхательных движений и сердечных сокращений за 1 минуту у данных животных была равна 43,1±6,87 и 150,9±6,50 соответственно, что выше первой группы на 42,7 % и 25,9 % ($p<0,05$). При аускультации грудной клетки выслушивалось усиленное везикулярное дыхание. Также необходимо отметить, что у них имел место умеренно выраженный цианоз видимых слизистых оболочек.

Таким образом, новорожденные из группы контроля при рождении были клинически здоровы и имели нормальное морфофункциональное развитие. В свою очередь телята, перенесшие антенатальную гипоксию, при рождении имели цианоз слизистых оболочек, тахикардию и тахипноэ. Вместе с этим у большинства животных имелись признаки гипотрофии I степени.

При построении функции Каплан-Майера было установлено, что у телят, полученных от здоровых коров, устойчивость к развитию желудочно-кишечной патологии в течение первых 20 дней жизни составляет 0,77±0,089. Аналогичный показатель у телят из 2-й группы равнялся 0,38±0,11, что было на 50,6 % ($p<0,05$) меньше значения группы сравнения (рис. 1).

Этим же методом было проведено исследование по устойчивости телят к развитию респираторных заболеваний. Было установлено, что в первой группе устойчивость телят за первый месяц жизни составляла 0,86±0,073, а к концу второго 0,73±0,095. Заболевание при этом протекало преимущественно в форме бронхита. Только у одного телёнка были выявлены клинические признаки характерные для бронхопневмонии. У телят второй группы частота возникновения респираторных заболеваний регистрировалась значительно чаще. Было установлено, что у этих телят устойчивость к развитию патологий в течение 1 месяца жиз-

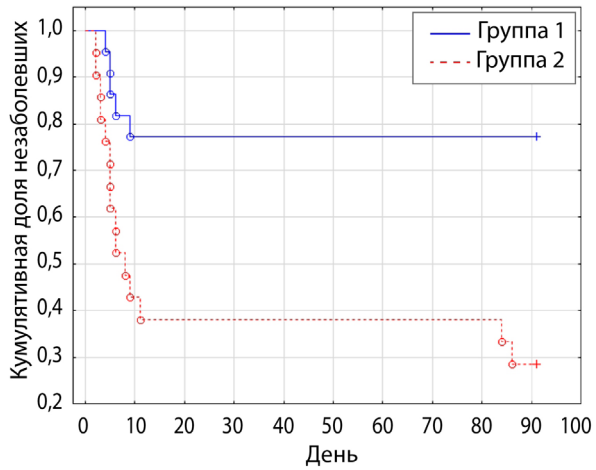


Рисунок 1 *— Устойчивость телят перенёсших антенатальную гипоксию к развитию желудочно-кишечной патологии.*

Figure 1 *— Resistance of calves that have undergone antenatal hypoxia to the development of gastrointestinal pathology.*

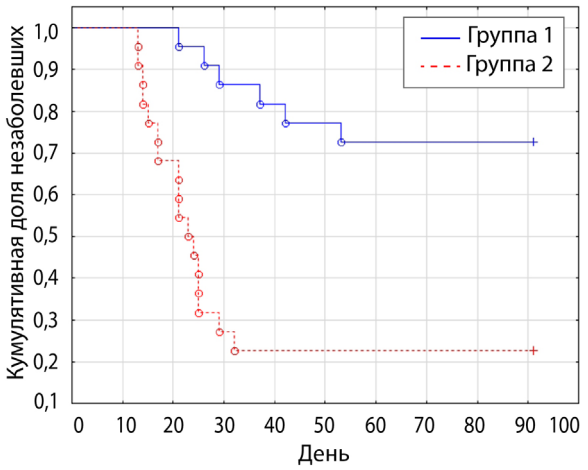


Рисунок 2 *— Устойчивость телят перенёсших антенатальную гипоксию к развитию респираторных заболеваний.*

Figure 2 *— Resistance of calves exposed to antenatal hypoxia to the development of respiratory diseases.*

ни составляла 0,27±0,095, что на 68,6 % ($p<0,05$) ниже показателя группы сравнения. Так, у 10 телят были выявлены клинические признаки катарального бронхита, а у 7 бронхопневмонии. Также необходимо отметить, что бронхопневмония чаще развивалась с 21 дня жизни (рис. 2).

Для определения силы влияния межморбидных взаимодействий был проведен ранговый корреляционный анализ по Спирмену. Его результаты показали, что между анемией у коров и риском развития желудочно-кишечной и респираторной патологии у телят имеется достоверная положительная корреляционная связь ($p<0,05$) заметной силы влияния по шкале Чеддока. Также была выявлена достоверная положительная корреляционная связь ($p<0,05$) заметной силы влияния между желудочно-кишечной патологией и риском развития респираторных заболеваний у телят (рис. 3).

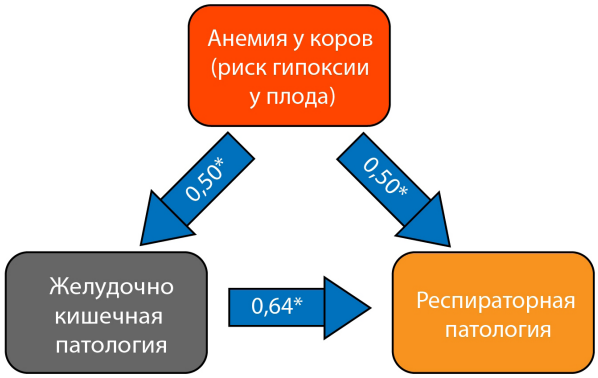


Рисунок 3 *— Межморбидная связь у телят в неонатальный период.*

Figure 3 *— Intermorbidity relationship in calves during the neonatal period.*

Таким образом, проведенные исследования показывают, что у телят, перенесших антенатальную гипоксию, на 50,6 % и 68,6 % чаще развиваются желудочно-кишечные и респираторные заболевания. Также, основываясь на данных межморбидных связей, можно предположить, что респираторная патология является следствием суммарного действия остаточных патологических явлений после перенесенной антенатальной гипоксии и желудочно-кишечной патологии.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Проведенные исследования показали, что у телят, полученных от коров с анемией во время беременности, имеется высокий риск развития желудочно-кишечной и респираторной патологии. Представленные данные указывают на наличие межморбидных зависимостей, которые необходимо изучить. Полученные новые знания в данном направлении позволят в дальнейшем разработать новые подходы для повышения эффективности мер борьбы с желудочно-кишечными и респираторными болезнями у телят.

MORBIDITY IN CALVES WITH ANTENATAL HYPOXIA

Zhukov M. S.* — cand. veterinarian. sciences, art. sci. sotr. department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID 0000-0002-9317-7344); **Parshin P. A.** — doctor of veterinary sciences, professor, director (ORCID 0000-0002-8790-0540); **Shaposhnikov I. T.** — doctor of biological sciences, chief scientific officer. sotr. department of experimental pharmacology and functioning of living systems (ORCID 0000-0003-0190-9083); **Brigadirov Yu. N.** — doctor of veterinary sciences, chief scientific officer. sotr. department of experimental pharmacology and function-ing of living systems (ORCID 0000-0003-3804-1732).

All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy.

*maxim.zhukoff2015@yandex.ru.

ABSTRACT. *Studies show that 30—37 % of calves are born in a hypoxic state, with the prevalence of antenatal hypoxia in dairy calves reaching 23—25 %. Literature suggests that fetal and neonatal hypoxia is the primary cause of mortality and neonatal diseases. However, data on the incidence of morbidity in calves exposed to antenatal hypoxia are lacking in the available domestic and international literature. The aim of this study was to evaluate the incidence of gastrointestinal and respiratory diseases in calves exposed to antenatal hypoxia and to determine the relationship between these morbidities. The experiment was conducted at a dairy production facility. The subjects of the study were newborn calves (n=44) of the Red-and-White breed, sired by clinically healthy cows and cows at risk for fetal hypoxia. The hemoglobin (Hb) level in maternal cows was used as a differential criterion determining the risk of fetal hypoxia. The paper presents the results of a study of morbidity in calves that suffered antenatal hypoxia. The object of the study were newborn calves (n=44) of the Red-and-White breed, obtained from clinically healthy cows and cows with anemia. It was found that they are 50,6 % more likely to develop gastrointestinal diseases and 68,6 % more likely to develop respiratory diseases. A significant positive correlation was found (r=0,50, P<0,05) between anemia in cows and the risk of developing gastrointestinal and respiratory pathology in calves, as well as between gastrointestinal and respiratory pathology (r=0,63, p<0,05). This gives reason to assume that respiratory diseases in animals are a consequence of the cumulative effect of residual pathological phenomena after antenatal hypoxia and gastrointestinal pathology.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алехин Ю. Н. Дифференциальная диагностика антенатальной гипоксии плодов и интранатальной асфиксии новорожденных телят, Ветеринария. 2013; 10: 37—41.

2. Алехин Ю. Н. Причины гипоксии у крупного рогатого скота в анте— и интранатальные периоды онтогенеза. Ветеринарный врач. 2013; 5: 28—33.

3. Амерханов Х. А., Самуйленко А. Я., Шабунин С. В., Гулюкин М. И., Мельник Н. В., Иванов А. В., Гринь С. А., Боровой В. Н., Мельник Р. Н., Шахов А. Г., Нежданов А. Г., Алехин Ю. Н., Левкович Н. Г., Барсуков Ю. И., Сугробова И. С., Михайлов Е. В., Гулюкин А. М., Панина Г. А., Сафина Г. Ф., Пасько Н. В., Ческидова Л. В., Брюхова Н. В., Фоменко О. Ю., Жуков М. С., Винников М. Г., Колпакова О. А. Методические рекомендации по адаптации импортного высокопродуктивного молочного скота в Российской Федерации. М.: ФГНБУ «Росинформагротех», 2018;. 76 с.

4. Бледнов А. И., Бледнова А. В. Стебловская С. Ю. Формы проявления перинатальной патологии и причины возникновения гипоксии телят. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Проблемы и перспективы развития ветеринарной медицины и зоотехнии. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023; 180—185.

5. Жуков М. С., Алехин Ю. Н., Паршин П. А. Продуктивность коров в зависимости от наличия гипохромной анемии во время беременности. Ученые записки УО ВГАВМ, 2023; 59 (3): 13—17. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-3-13-17.

6. Камбур М. Д., Замазий А. А., Ливощенко Е. М., Плюта Л. В., Пихтирева А. В., Остапенко С. В., Натяглый О. Н. Влияние гипоксии на кислородный гомеостаз и кислотно-щелочной баланс организма плода и новорожденных животных. Біологія тварин. 2016; 18 (4): 40—46. DOI 10.15407/animbiol18.04.040.

7. Шабунин С. В., Василевич Ф. И., Нежданов А. Г., Шахов А. Г., Климов Н. Т., Алехин Ю. Н., Золоторёв А. И., Рецкий М. И., Шапошников И. Т. Практическое руководство по обеспечению продуктивного здоровья крупного рогатого скота. Воронеж: «Антарес», 2011; 220 с.

8. Gillett P., Garson A. Clinical pediatric arrhythmias. Philadelphia, USA: W.B. Saundars Company, 1999; 306—319.

REFERENCES

1. Alekhine, Yu.N. Differential Diagnosis of Antenatal Hypoxia in Fetuses and Intranatal Asphyxia in Newborn Calves, Veterinary Science. 2013; 10: 37—41.

2. Alekhine, Yu.N. Causes of Hypoxia in Cattle during the Antenatal and Intranatal Periods of Ontogenesis. Veterinary Doctor. 2013; 5: 28—33.

3. Amerkhanov Kh. A., Samuilenko A. Ya., Shabunin S. V., Gulyukin M. I., Melnik N. V., Ivanov A. V., Grin S. A., Borovoy V. N., Melnik R. N., Shakhov A. G., Nezhdanov A. G., Alekhin Yu. N., Levkovich N. G., Barsukov Yu.I., Sugrobova I. S., Mikhailov E. V., Gulyukin A. M., Panina G.A., Safina G. F., Pasko N. V., Cheskidova L. V., Bryukhova N. V., Fomenko O. Yu., Zhukov M. S., Vinnikov M. G., Kolpakova O. A. Methodological recommendations for the adaptation of imported highly productive dairy cattle in the Russian Federation. Moscow: Federal State Budgetary Institution «Rosinformagrotech», 2018; 76 p.

4. Blednov A. I., Blednova A. V., Steblovskaya S. Yu. Forms of perinatal pathology manifestation and causes of hypoxia in calves. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference «Problems and prospects for the development of veterinary medicine and animal science». Kursk: Kursk State Agrarian University named after I. I. Ivanov, 2023; 180—185.

5. Zhukov M. S., Alekhine Yu. N., Parshin P. A. Productivity of cows depending on the presence of hypochromic anemia during pregnancy. Scientific notes of the UO VGAVM, 2023; 59 (3): 13—17. DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-3-13-17.

6. Kambur M. D., Zamaziy A. A., Livoshchenko E. M., Plyuta L. V., Pikhtireva A.V., Ostapenko S. V., Natyaglyi O. N. The effect of hypoxia on oxygen homeostasis and acid-base balance in the body of the fetus and newborn animals. Animal Biology. 2016; 18 (4): 40—46. DOI 10.15407/animbiol18.04.040.

7. Shabunin S. V., Vasilevich F. I., Nezhdanov A. G., Shakhov A. G., Klimov N.T., Alekhine Yu. N., Zolotorev A. I., Retsky M. I., Shaposhnikov I. T. Practical Guide to Ensuring the Productive Health of Cattle. Voronezh: Antares, 2011; 220 p.

8. Gillett P., Garson A. Clinical pediatric arrhythmias. Philadelphia, USA: W.B. Saundars Company, 1999; 306—319.

УДК: 619:617.1:636.8+636.7
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.354

НОЗОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОФТАЛЬМОПАТИЙ У КОШЕК И СОБАК В УСЛОВИЯХ ГОРОДА КОСТРОМЫ

Русакова А. Е.[1]* — аспирант; **Стекольников А. А.**[2] — д-р ветеринар. наук, профессор, академик РАН; **Решетняк В. В.**[1] — д-р ветеринар. наук, доцент; **Бурдейный В. В.**[1] — д-р ветеринар. наук, профессор.

[1]ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА».

[2]ФГБОУ ВО «Санкт – Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*aleksandrarusakova483@gmail.com.

Ключевые слова: *собаки, кошки, офтальмологические заболевания, степень распространения, сезонность.*

Key words: *dogs, cats, ophthalmological diseases, prevalence, seasonality.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *В статье представлены результаты исследований по определению распространения офтальмопатий в городе Костроме за 2022—2025 гг. в зависимости от сезонности, видовой и породной предрасположенности. Целью исследования явилось изучение степени распространения офтальмологических заболеваний в городе Кострома, с учетом сезонности, видовой и породной предрасположенности. Материалом для работы послужили статистические данные автоматизированных информационных систем: «VetManager», «Енот», а также журналы для регистрации больных животных (форма №1-вет) за 2022—2025 гг., ветеринарных клиник: ОГБУ «Костромская горСББЖ», «Лапка», «Доктора Зорина» и ветеринарного центра «АйБолит». Всего было изучено и проанализировано 70352 историй болезни, из которых 23420 (33,28 %) составили хирургические патологии. Установлено, что на долю собак и кошек с болезнями глаз пришлось 730 случаев, в том числе 3,1 % от общего числа хирургических. Наиболее часто регистрируемыми патологиями органов зрения у мелких домашних животных являются конъюнктивиты, кератиты, язвы роговицы, в меньшей степени – пролапс слезной железы, заворот век и панофтальмиты. Количество выявляемых нозологических единиц заболеваний глаз во многом обусловлено качеством проводимых диагностических исследований. Клинический осмотр специалиста-офтальмолога позволяет выявить большее число нозологических единиц по сравнению с ветеринарным врачом общей практики. У собак чаще всего офтальмопатии отмечают у породистых животных (52,10 %), у кошек — метисов (70,60 %). Среди собак наиболее подверженными оказались брахиоцефалы: мопсы, шпицы, французские бульдоги, йорки, чихуахуа, пекинесы. Значительное число обращений с заболеваниями глаз у собак приходится на весенний (31,0 %), а у кошек в летний (31,1 %) периоды, минимальное — в осенний (16 %) и (18 %), соответственно.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В последние годы в связи с увеличением численности мелких домашних животных, в значительной мере возросло число обращений в ветеринарные клиники по вопросам профилактики и лечения заболеваний различной этиологии. Существенное место среди них занимают вопросы в отношении офтальмопатологий как инфекционного, так и неинфекционного характера, на долю которых приходится от 4,49 до 23,20 % от общего количества обращений [1, 2].

Показано, что основными причинами их возникновения являются возрастные изменения, наследственность, механические воздействия, аутоиммунные, метаболические и онкологические процессы [1, 3—5].

При этом наиболее часто регистрируют: конъюнктивит, катаракту, глаукому, увеит, генетические патологии сетчатки. Своевременное обнаружение проблемы выступает главной задачей в сохранении здоровья зрительного органа [3].

Следует отметить, что в настоящее время в ветеринарной науке и практике многие вопросы патогенеза офтальмологии остаются недостаточно изученными, в связи с чем лечение некоторых заболеваний не всегда являются научно обоснованными. Поэтому поиск эффективных методов диагностики, терапии, профилактики при этом является весьма важным [6].

Недостаточно чётко также отражены вопросы экологического воздействия по распространению данной группы заболеваний в разных регионах Российской Федерации, их сезонности, породной предрасположенности животных и зависимости от антропогенных условий. Исследования в данном направлении крайне немногочисленны, а представленные результаты трудно сопоставимы из-за разнородности исходного материала.

С учетом вышеизложенного целью исследования явилось изучение степени распространения офтальмологических заболеваний в городе Кострома, с учетом сезонности, видовой и породной предрасположенности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. Материалом для работы послужили статистические данные автоматизированных информационных систем: «VetManager», «Енот», а также журналы для регистрации больных животных (форма №1-вет) за 2022—2025 гг., полученные в ветеринарных клиниках города Костромы: ОГБУ «Костромская горСББЖ», «Лапка», «Доктора Зорина» и ветеринарный центр «АйБолит».

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета Microsoft Excel.

При определении сезонности заболеваний органа зрения в зимний период учитывались данные за декабрь предыдущего и январь, февраль текущего года, остальные – в соответствии с календарём.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. За указанный период было изучено и проанализировано 70352 историй болезни, из которых 23420 (33,28 %) составили хирургические патологии.

При этом, на долю с болезнями глаз пришлось 730 случаев, что составило 3,1 % от общего числа хирургических. Следует отметить, что структура регистрируемых нозологических единиц во многом зависит от качества диагностических исследований.

Так, перечень болезней в клиниках без узкой специализации (рис. 1) в период 2022—2025 гг. был представлен шестью заболеваниями: язвы роговицы (28,10 %), кератиты (32,24 %), конъюнктивиты (34,83 %), заворот век (3,45 %), пролапс слезной железы (0,69 %) и панофтальмит (0,69 %).

В то же время как в клинике при наличии врача-офтальмолога и соответствующего диагностического оборудования был представлен 24 патологиями (рис. 2), из которых язвы роговицы, кератиты, конъюктивиты, заворот век, сухой кератоконъюнктивит, катаракта, и пролапс слезной железы, стеноз НСК, увеит составили 16,78; 4,03; 24,83; 4,03; 6,71; 4,7; 4,7; 6,71 и 4,03 %, соответственно. Удельный вес остальных офтальмопатий колебались в пределах 0,67—2,68 % (паннус, глаукома, корнеальный секвестр, гифема — по 2,68 %; блефарит, панофтальмит, симблефарон — по 2,01 %; эктопическая ресница — 1,36 % и пролапс глазного яблока, халязион, дакриоцистит, люксация хрусталика, пролапс радужной оболочки, прободная язва роговицы, травма 3 века — по 0,67 %).

Полученные данные согласуются с результатами исследований Беляева В.А. и соавт., 2018, которые указывают, что преимущественно у собак и кошек регистрировали конъюнктивит (49,00 %), кератит (15,40 %), заворот век (7,00 %), язвы роговицы (5,60 %), увеит (6,30 %), катаракту (7,80 %) [2].

При изучении видовой предрасположенности было установлено, что из 580 пациентов, принятых за 2022-2025 с офтальмопатиями в трех ветеринарных клиниках 56,38%, составляли собаки (52,10% породистых и 47,90% метисов) и 43,62% — кошки (70,60% метисов и 29,40% породистых).

Данные о регистрации болезней глаз у собак разных породных групп представлены на рисунке 3.

Рисунок 1 *— Структура болезней глаз у собак и кошек за 2022—2025 годы, регистрируемых в ветеринарных клиниках общего профиля, %.*

Figure 5 *— Structure of eye diseases in dogs and cats for 2022—2025, registered in general veterinary clinics, %).*

Примечание: *прочие (паннус, эктопическая ресница, глаукома, блефарит, пролапс глаза, халязион, дакриоцистит, люксация хрусталика, пролапс радужки, панофтальмит, увеит, корнеальный секвестр, симблефарон, прободная язва роговицы, травма 3 века, гифема).*

Рисунок 2 *— Структура офтальмологических заболеваний у собак и кошек в специализированной клинике за 2025 г., %.*

Figure 2 *— Structure of ophthalmological diseases in dogs and cats in a specialized clinic for 2025, %.*

Представленные выше результаты свидетельствуют о том, что наиболее часто у собак офтальмопатий регистрировали у карликовых пород: мопсов (21,14 %), шпицев (20,0 %), французских бульдогов (6,86 %), йоркширских терьеров (6,29%), чихуахуа (5,71%), пекинесов (5,14 %) и той-терьеров (4,57

%), а из крупных — у немецких овчарок (6,86 %). У других пород предрасположенность к заболеваниям глаз колебалась в пределах 0,57—3,43 %. Так, у такс, английских бульдогов, лабрадоров, стаффордширских терьеров, хасок, самоедов, шарпеев, чау-чау, кокер-спаниелей, ши-тцу, китайских хохлатых, корги их уровень составлял 0,57; 0,57; 1,14; 1,14; 1,14; 1,14; 1,71; 1,71; 2,29; 2,86; 2,86; 2,86; 3,43%, соответственно).

Показано, что офтальмопатологии наиболее часто отмечают у собак брахиоцефального типа, на что указывает также Алексеева Е. С., 2025 [1]. Такую повышенную восприимчивость у животных подобного типа объясняют некоторыми особенностями в строении головы, известных по данным литературы под названием «брахиоцефалический синдром глаза» [9]. Для них характерна укороченная морда, ее ретрузия, расширение твердого неба [8]. Не исключают также снижения чувствительности роговицы [9, 10]. В последнем случае это сопровождается нарушением иннервации и, в итоге, частым травмам глаза, нарушением процесса продукции и качества слезы, его гигиены в целом.

У кошек доля метисов составляла 70,60%, породистых (рисунок 4) — 29,40 % (шотландских (35,0 %), мейн-кунов (16,25 %), британских (15,0—%), персидских (8,75 %), сфинксов (6,25 %)). Меньший процент офтальмопатий был зафиксирован у экзотических, бенгальских кошек и ориенталов (3,75, 3,75 и 2,50 %). Полученные данные согласуются с результатами Алексеевой Е.С., 2025 [1], которая указывает, что значительное число кошек (67,70 %) составляли метисы, шотландские вислоухие — 6,8 %, мейн-куны — 4,97 %; британские короткошерстные — 7,45 %; сфинксы – 5,6; у остальных менее 2 %.

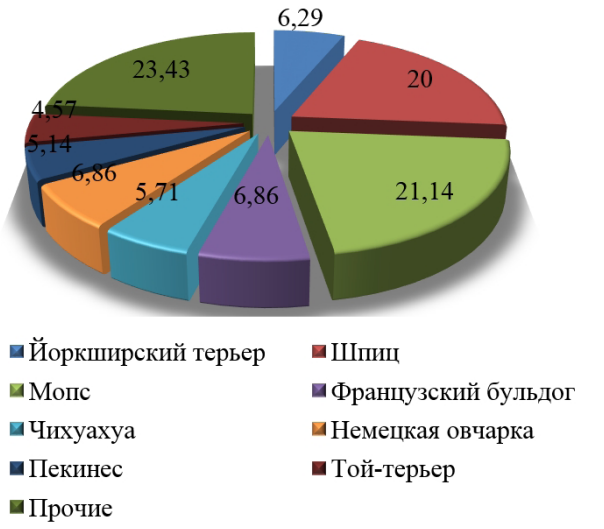
Следует отметить, что структура глазных болезней у этих животных имела определенные различия (рис. 5).

Так, у собак в большинстве случаев отмечали кератиты 37,30 % и конъюнктивиты 30,89 %. Доля язв роговицы составляла 26,30 %.

У кошек глазные патологии в 39,92 % представлены конъюнктивитами, в 30,43 % язвами роговицы и 25,69 % кератитами.

Данные о распространении офтальмопатий по сезонам года (рис. 6) указывают, что у собак максимальное число обращений было отмечено в весенне-летний период 104 (31 %) и 99 (29,5 %) из 336 случаев, а у кошек, наоборот, в летне-весенний 85 (31,1 %) и 78 (28,6%) из 273 случаев, соответственно.

Вероятно, наибольшее число заболеваний органов зрения в весеннее-летний период связано с дачным периодом, увеличением длительности прогулок, массовыми поездками загород, где животным предоставляется свободный выгул, который в свою очередь сопровождается увеличением контакта с другими собаками и кошками, приводящего к травмам глаз. На наибольшее распространение травмы глаз (скальпированных ран роговицы у собак и кошек) в весенне-летний период указывает также Сароян С. В., 2025 [11].



Примечание: *прочие — лабрадоры, корги, ши-тцу, такса, кокер-спаниель, самоеды, сенбернар, китайская хохлатая, стаффордширский терьер, английский бульдог, шарпей, хаски, чау-чау.*

Рисунок 3 *— Породная предрасположенность к офтальмопатиям у собак.*

Figure 3 *— Breed predisposition to ophthalmopathy in dogs.*

Примечание: *прочие — экзотическая, бенгальская, ориентал.*

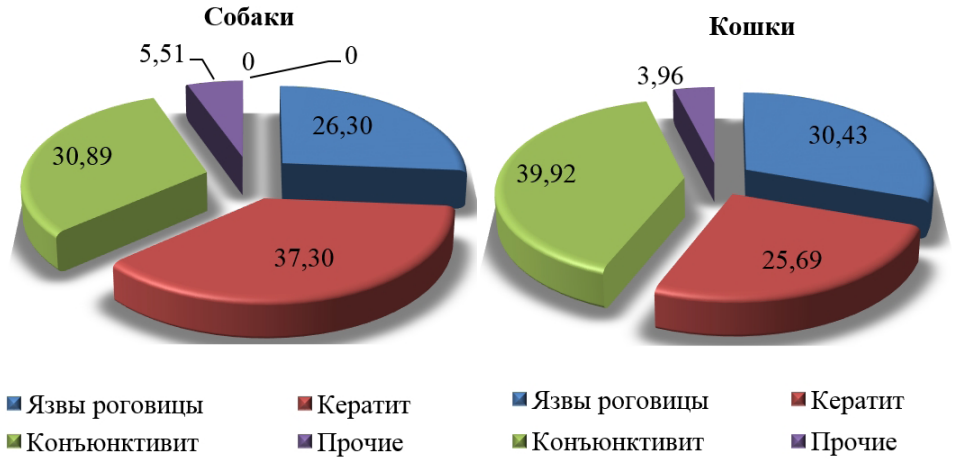
Рисунок 4 *— Породная предрасположенность к офтальмопатиям у кошек.*

Figure 4 *— Breed predisposition to ophthalmopathy in cats.*

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. В процессе проведенных исследований изучена степень распространения офтальмологических заболеваний у собак и кошек в городе Кострома, определена сезонность и породная предрасположенность 2022—2025 годы.

Наиболее часто регистрируемыми патологиями органов зрения у собак и кошек являются конъюнктивиты, кератиты, язвы роговицы, в меньшей степени — пролапс слезной железы, заворот век и панофтальмит.

Количество выявляемых нозологических единиц заболеваний глаз во многом обусловлено



Примечание: *прочие — (заворот век, пролапс слёзной железы, панофтальмит).*

Рисунок 5 *— Структура заболеваний глаз у собак и кошек за 2022—2025 годы.*

Figure 5 *— Structure of eye diseases in dogs and cats for 2022—2025.*

качеством проводимых диагностических исследований. Клинический осмотр специалиста-офтальмолога позволяет выявить большее число нозологических единиц по сравнению с ветеринарным врачом общей практики.

У собак чаще всего офтальмопатии регистрировали у породистых животных (52,10 %), у кошек — метисов (70,60 %).

Среди собак наиболее подверженными оказались брахиоцефалы: мопсы, шпицы, французские бульдоги, йорки, чихуахуа, пекинесы, а у кошек – шотландских, мейн-кунов, британских.

Значительное число обращений с заболеваниями глаз у собак приходится на весенний (31,0 %), а у кошек в летний (31,1 %) периоды, минимальное – в осенний (16 %) и (18 %), соответственно.

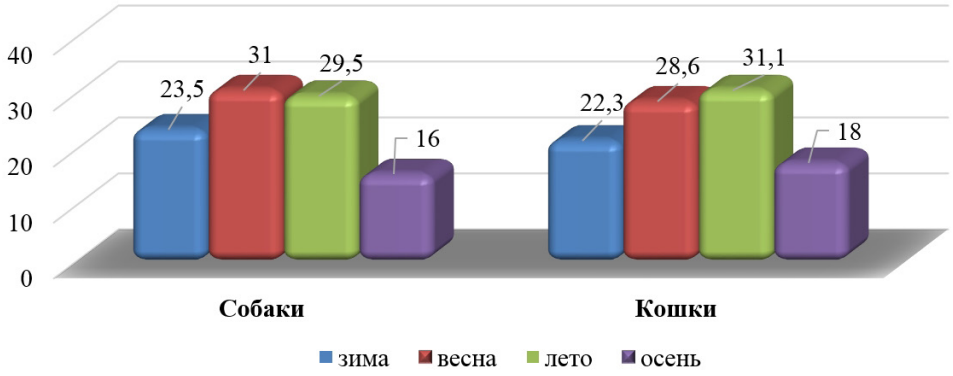


Рисунок 6 *— Сезонность офтальмологических заболеваний у собак и кошек.*

Figure 6 *— Seasonality of ophthalmological diseases in dogs and cats.*

NOSOLOGICAL STRUCTURE OF OPHTHALMOPATHIES IN CATS AND DOGS IN THE CITY OF KOSTROMA

Rusakova A. E.[1] * — graduate student; **Stekolnikov A. A.**[2] — Doctor of Veterinary Sciences, professor, Active member of the Russian Academy of Sciences (RAS); **Reshetnyak V. V.**[1] — Doctor of Veterinary Sciences, associate professor; **Burdeyniy V. V.**[1] — Doctor of Veterinary Sciences, professor.

[1]FSBEI HE "Kostroma State Agricultural Academy".

[2]FSBEI HE "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine".

*aleksandrarusakova483@gmail.com.

ABSTRACT. *TThe article presents the results of studies on the distribution of ophthalmopathies in the city of Kostroma in 2022—2025, depending on the seasonality, species, and breed predisposition. The aim of the study was to investigate the prevalence of ophthalmic diseases in the city of Kostroma, taking into account seasonality, species, and breed predisposition. The study was based on statistical data from automated information systems such as VetManager and Yenot, as well as logs for registering sick animals (Form No. 1-vet) from 2022 to 2025, from veterinary clinics such as OGBU «Kostromskaya gorsbzh», «Lapka», «Doktora Zorina», and «Aybolit» Veterinary Center. A total of 70352 case histories were studied and analyzed, of which 23420 (33,28 %) were surgical pathologies. It was found that 730 cases were attributed to dogs and cats with eye diseases, including 3,1 % of the total number of surgical cases. The most common eye diseases in small pets are conjunctivitis, keratitis, corneal ulcers, and, to a lesser extent, lacrimal gland prolapse, entropion, and panophthalmitis. The*

number of identified nosological units of eye diseases is largely determined by the quality of the diagnostic tests performed. A clinical examination by an ophthalmologist allows for the identification of a greater number of nosological units compared to a general practitioner. In dogs, ophthalmopathies are most commonly observed in purebred animals (52,10 %), while in cats, they are more common in mixed-breed animals (70,60 %). Among dogs, brachycephalic breeds, such as pugs, Pomeranians, French Bulldogs, Yorkies, Chihuahuas, and Pekingese, are particularly susceptible. A significant number of eye disease cases in dogs occur in the spring (31,0 %) and in cats in the summer (31,1 %), while the minimum number occurs in the autumn (16 %) and (18 %), respectively.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеева, Е. С. Анализ частоты встречаемости офтальмопатологий у мелких домашних животных / Е. С. Алексеева // Вестник Чувашского государственного агр. университета. — 2025. — № 1(32). — С. 64—70.

2. Изучение распространения офтальмологических патологий среди собак и кошек города Ставрополя / В. А. Беляев, В. Н. Шахова, Е. В. Светлакова [и др.] // Ветеринарная патология. — 2018. — № 4(66). — С. 37—44.

3. Шубина, Т. П. Современные методы лечения глазных болезней собак и кошек / Т. П. Шубина, Е. Ю. Долгополова, Е. О. Брагина // Международный научно-исследовательский журнал. — 2025.

4. Васильева, Е. В. Прогрессирующая атрофия сетчатки у русских той—терьеров / Е. В. Васильева, А. А. Стекольников // Ветеринария. — 2019. — № 3. — С. 50—52.

5. Прудникова, Е. В. Сравнение методов лечения спонтанных дефектов эпителия роговицы у собак / Е. В. Прудникова, А. А. Стекольников // Международный вестник ветеринарии. — 2024. — № 3. — С. 457—465. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.3.457. EDN SJEYNH.

6. Стебловская, С. Ю. Особенности диагностики и лечения болезней глаз мелких домашних животных / С. Ю. Стебловская, А. В. Бледнова, А. И. Бледнов // Инновационные решения актуальных проблем в области ветеринарии : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курск, 25—26 февраля 2021 года. — Курск: Курская государственная с.-х. академия имени И.И. Иванова, 2021. — С. 220—225.

7. Palmer S. V. Ophthalmic disorders in a referral population of seven breeds of brachycephalic dogs: 970 cases (2008—2017) / S. V. Palmer, F. E. Gomes, J. A. A. McArt // J Am Vet Med Assoc. 2021. Nov 1;259(11). P. 1318—1324. DOI: 10.2460/javma.20.07.0388.

8. Sebbag L. The pandemic of ocular surface disease in brachycephalic dogs: The brachycephalic ocular syndrome / L. Sebbag , R.F. Sanchez // Vet Ophthalmol. 2023 Apr:26 Suppl 1:31—46. DOI: 10.1111/vop.13054.

9. Costa J. Clinical signs of brachycephalic ocular syndrome in 93 dogs / J. Costa, A. Steinmetz & E. Delgado // Irish Veterinary Journal. — 2021. volume 74. № 3 DOI: 10.1186/s13620-021-00183-5.

10. Demir A. Assessment of eye disorders in brachycephalic cat breeds — a retrospective study of 328 cases (2018—2022) / Aynur Demir // Veterinary Archives. 2024. Vol. 94. №. 3. P. 237—254. DOI: 10.24099/vet.arhiv.1891.

11. Сароян, С. В. Распространенность, диагностика и лечение скальпированных ран роговицы у животных / С. В. Сароян // Современные подходы к диагностике, лечению и профилактике незаразных болезней животных : Сборник трудов Межд. научно-практической конференции, Москва, 25 ноября 2025 года. — Москва: С.-х. технологии, 2025. — С. 7—10. EDN GIGNCK.

REFERENCES

1. Alekseeva, E. S. Analysis of the frequency of occurrence of ophthalmopathologies in small domestic animals / E. S. Alekseeva // Bulletin of the Chuvash State Agrarian University. — 2025. — No. 1 (32). — P. 64—70 (In Russ.).

2. Study of the spread of ophthalmological pathologies among dogs and cats of the city of Stavropol / V. A. Belyaev, V. N. Shakhova, E. V. Svetlakova [et al.] // Veterinary pathology. — 2018. — No. 4 (66). — P. 37—44 (In Russ.).

3. Shubina, T. P. Modern methods of treatment of eye diseases of dogs and cats / T. P. Shubina, E. Yu. Dolgopolova, E. O. Bragina // International research journal. — 2025 (In Russ).

4. Vasilyeva, E. V. Progressive retinal atrophy in Russian toy terriers / E. V. Vasilyeva, A. A. Stekolnikov // Veterinary science. — 2019. — No. 3. — P. 50—52. EDN YYXVXF. (In Russ.).

5. Prudnikova, E. V. Comparison of methods for treating spontaneous corneal epithelial defects in dogs / E. V. Prudnikova, A. A. Stekolnikov // International Veterinary Bulletin. — 2024. — No. 3. — P. 457—465. DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.3.457. EDN SJEYNH. (In Russ.).

6. Steblovskaya, S. Yu. Features of diagnostics and treatment of eye diseases of small domestic animals / S. Yu. Steblovskaya, A. V. Blednova, A. I. Blednov // Innovative solutions to current problems in the field of veterinary medicine: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kursk, February 25—26, 2021. — Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 2021. — P. 220—225. (In Russ.).

7. Palmer S. V. Ophthalmic disorders in a referral population of seven breeds of brachycephalic dogs: 970 cases (2008—2017) / S. V. Palmer, F. E. Gomes, J. A. A. McArt // J Am Vet Med Assoc. 2021. Nov 1;259(11). P. 1318—1324. DOI: 10.2460/javma.20.07.0388.

8. Sebbag L. The pandemic of ocular surface disease in brachycephalic dogs: The brachycephalic ocular syndrome / L. Sebbag , R.F. Sanchez // Vet Ophthalmol. 2023 Apr:26 Suppl 1:31—46. DOI: 10.1111/vop.13054.

9. Costa J. Clinical signs of brachycephalic ocular syndrome in 93 dogs / J. Costa, A. Steinmetz & E. Delgado // Irish Veterinary Journal. — 2021. volume 74. № 3 DOI: 10.1186/s13620-021-00183-5.

10. Demir A. Assessment of eye disorders in brachycephalic cat breeds — a retrospective study of 328 cases (2018—2022) / Aynur Demir // Veterinary Archives. 2024. Vol. 94. №. 3. P. 237—254. DOI: 10.24099/vet.arhiv.1891.

11. Saroyan, S. V. Prevalence, diagnosis and treatment of scalped corneal wounds in animals / S. V. Saroyan // Modern approaches to diagnosis, treatment and prevention of non—communicable diseases of animals: Collection of works of the International scientific and practical conference, Moscow, November 25, 2025. — Moscow: Agricultural technologies, 2025. — P. 7—10. EDN GIGNCK. (In Russ.).

УДК: 616.12-073.97:636.74
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.359

АНАЛИЗ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СЛУЖЕБНЫХ СОБАК К НАГРУЗКАМ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ, ПО ДАННЫМ ЭХО- И ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Челнокова В. В.* — соискатель каф. внутренних болезней животных им. Синева А. В. (ORCID 0009-0000-2433-4126); **Прусаков А. В.** — д-р ветеринар. наук, доц., зав. каф. внутренних болезней животных им. Синева А. В. (ORCID 0000-0001-5582-5155); **Яшин А. В.** — д-р ветеринар. наук, проф., профессор каф. внутренних болезней животных им. Синева А. В. (ORCID 0000-0002-3614-4730).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*neswe@mail.ru.

Ключевые слова: *служебное собаководство, кинология, собаки поисково-кинологической службы, адаптация, эхокардиография, электрокардиография.*

Key words: *service dog breeding, cynology, dogs of the search and canine service, adaptation, echocardiography, electrocardiography.*

Поступила в редакцию / Received: 15.02.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Цель исследования — провести анализ адаптации сердечно-сосудистой системы служебных собак к нагрузкам поисково-спасательного профиля, исходя из данных эхо- и электрокардиографических исследований. В исследование были включены клинически здоровые собаки средних пород поисково-кинологической службы, разделенные на две группы. Животные первой группы, принимали участие в нормированных, а животные второй группы в ненормированных поисково-спасательных работах (ПСР). В каждой из групп было по 10 животных, не имевших по данным клинического осмотра значимых отклонений в состоянии здоровья. ЭхоКГ выполнялась на аппарате «Mindray DC-8 Exp» при помощи секторного фазированного и микроконвексного датчика. Регистрация ЭКГ проводилась с помощью аппарата Поли-Спектр-8/В по методике стандартных отведений, снятие ЭКГ проводилось в течение пяти минут. Статистический анализ полученных данных производился в программе Microsoft Excel 2016. В результате исследований было установлено, что участие собак средних пород в длительных ПСР любого типа, ведет к изменению эхокардиографических и электрокардиографических показателей, что обусловлено вынужденной адаптацией сердечно-сосудистой системы (ССС) к повышенным нагрузкам. После участия в длительных ненормированных ПСР, у них отмечалось значительное повышение величин конечного систолического размера (КСР) и конечного диастолического размера КДР, увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС), фракции укорочения, амплитуды зубцов Q, R и T, соотношения QT/TQ, интервала PQ, диаметра аорты, на фоне снижения числового значения электрической оси сердца (ЭОС). При этом выявленные во второй группе увеличения толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ) свидетельствуют о тенденции к развитию концентрической гипертрофии левого желудочка (ЛЖ) и являются показанием к регулярному проведению ЭхоКГ животным участвующим в длительных ненормированных ПСР, необходимому для своевременного выявления вторичных нарушений работы ССС.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Подготовка собак средних пород для поисково-спасательной службы сопряжена со значительными временными и финансовыми затратами. Их работа протекает в условиях экстремальных физических и психоэмоциональных нагрузок [14], усугубляемых негативными факторами внешней среды. В связи с этим, изучение влияния служебной деятельности на организм животных является необходимым для поддержания их высокой работоспособности и разработки соответствующих превентивных мер по ее сохранению.

Сердечно-сосудистая система одной из первых реагирует на физические нагрузки [5], что впоследствии может привести к острым и хроническим нарушениям функций сердца, лимитирующих жизнеспособность и работоспособность служебных собак.

Оценить адаптацию сердца к нагрузкам можно при помощи двух основных методов исследования — ЭхоКГ и ЭКГ. Изменение основных показателей ЭхоКГ может свидетельствовать о наличии и выраженности ремоделирования сердца и помочь в оценке гемодинамической значимости выявленных изменений. Анализ динамики показателей ЭКГ дает возможность объективно оценить электрофизиологическое состояние миокарда, выявить нарушения ритма и проводимости, а также косвенные признаки изменений сердечной гемодинамики. Исследования по установлению закономерностей адаптации ССС служебных собак к поисково-спасательным работам являются актуальным. В частности, определение специфических изменений эхо- и электрокардиографических

параметров является ключом к ранней диагностике, профилактике заболеваний сердца и планированию мер по поддержанию здоровья и высокой работоспособности служебных собак.

Учитывая данные обстоятельства нами была поставлена цель – провести анализ адаптации сердечно-сосудистой системы служебных собак к нагрузкам поисково-спасательного профиля, исходя из данных эхо- и электрокардиографических исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS. В исследование были включены клинически здоровые собаки средних пород: бордер-колли, австралийская овчарка, новошотландский ретривер, которые поделили надве группы: собаки, участвовавшие в нормированных (первая группа) и собаки, участвующие в длительных ненормированных (вторая группа) ПСР. В каждой из групп включала по 10 животных.

Средний возраст животных первой группы составил 6,40±0,75 лет, при средней массе тела 19,02±0,87 кг. Их обследование проводили, в два этапа: первый — не ранее, чем за десять дней до участия в интенсивной нормированной работе, второй – в промежутке от одного до пяти дней после ее завершения.

Средний возраст животных второй группы составил 6,40±0,56 лет, при средней массе тела 19,81±0,57 кг. Обследование входящих в ее состав животных проводили во временном промежутке не более двух недель до и после участия собак в длительных ненормированных ПСР. Дополнительно было проведено повторное исследование одной собаки из данной группы с выявленной АВ блокадой I степени через восемь недель, чтобы оценить динамику выявленной патологии.

ЭхоКГ исследование выполнялась на аппарате «Mindray DC-8 Exp» при помощи секторного фазированного и микроконвексного датчика, используя правую и левую парастернальные позиции с проекциями по длинной и короткой оси. Также проводилось цветовое допплеровское картирование (ЦДК) и допплерография, однако, в данном исследовании будут рассмотрены только результаты основных показателей, полученных при исследовании через правый парастернальный доступ. В длинной оси, являющейся наиболее объективной для получения этих данных, установлены величины конечного диастолического (КДР), систолического (КСР) размеров левого желудочка и фракции укорочения левого желудочка (ФУ), а также толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖд) в диастолу, полученные в В-режиме. В короткой оси измерялись диаметры аорты (Ао) и левого предсердия (ЛП).

Регистрация ЭКГ проводилась с помощью аппарата Поли-Спектр-8/В по методике стандартных отведений. Собак мягко фиксировали, лежа на правом боку, снятие ЭКГ проводилось в течение пяти минут [3, 8].

Полученные данные были статистически обработаны при помощи программы Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION. Средние значения учитываемых показателей эхокардиографического исследования животных первой и второй групп до и после перенесенной нагрузки представлены в таблице 1.

Исходя из представленных данных их средние значения у животных обеих групп как до, так и после нагрузки находилось в пределах референсных интервалов [16]. При этом, в сравнении с первой группой, более ярко выраженное изменение их значений в конце эксперимента было отмечено у животных второй группы, которые были подвергнуты длительным ненормированным нагрузкам.

Так, по полученным результатам в конце исследования отмечается повышение величин КДР и КСР. При этом их изменение у животных первой группы были малозначительны. Напротив, у животных второй группы они повысились на 1,46 %

Таблица 1 — Значения показателей эхокардиографического исследования животных первой и второй групп до и после перенесенной нагрузки

Table 1 — Values of echocardiographic study parameters of animals of the first and second groups before and after the load

Показатель	Средние значения показателя			
	Группа 1 (n=10) (нормированная нагрузка)		Группа 2 (n=10) (длительная ненормированная нагрузка) [11]	
	До участия	После участия	До участия	После участия
КДР, мм	37,50±1,58	37,62±1,58	38,31±1,03	38,87±1,04
КСР, мм	24,04±1,02	24,11±1,03	24,22±0,75	24,41±0,68
МЖПд, мм	9,38±0,37	9,45±0,39	9,20±0,19	9,48±0,18
ЗСЛЖд, мм	8,48±0,39	8,48±0,39	8,34±0,25	8,54±0,24
ЛП, мм	32,89±1,20	32,92±1,24	32,43±1,06	32,45±1,02
Ао, мм	20,24±0,30	20,26±0,29	21,31±0,49	21,44±0,47
ЛП/Ао	1,63±0,05	1,63±0,06	1,52±0,03	1,51±0,03
ФУ, %	35,76±1,34	35,80±1,27	36,69±1,38	37,08±1,33

и 0,78 %, соответственно, что может свидетельствовать об увеличении размера полости левого желудочка. Исходя из литературных данных эти изменения стоит рассматривать, как следствие получения высоких физических нагрузок [9].

Также у животных второй группы в сравнении с первой, отмечается, более значительное увеличение толщины МЖП и ЗСЛЖ (на 3,04 % и 2,4 %, соответственно), что свидетельствует о тенденции к развитию у них концентрической гипертрофии ЛЖ. Исходя из данных литературы у собак, участвующих в активной работе, данные изменения являются ожидаемыми и носят физиологический характер, аналогично подобным изменениям среди людей-спортсменов. При этом они являются показанием к регулярному ЭхоКГ животных, с целью своевременного выявления вторичных нарушений работы ССС [9].

Размер полости левого предсердия у животных в течение эксперимента во всех группах значимо не изменился, установленные расхождения в измерениях входили в рамки погрешности применяемого метода исследования.

У собак из состава второй группы в конце эксперимента было отмечено незначительное увеличение диаметра аорты. Исходя из литературных данных это может быть обусловлено перераспределением давления на основные сосуды, отходящие от аорты, и/или физиологической гипотонией собак, длительно получающих высокие нагрузки [6].

Также во всех группах наблюдалось увеличение фракции укорочения. При этом у собак первой группы оно было незначительно, а во второй, в сравнении с исходными данными увеличилось на 1,06 %. Данное изменение произошло несмотря на увеличение полости левого желудочка, что объясняется законом Франка-Старлинга [10].

Дополнительно стоит отметить, что у двух собак из первой группы была выявлена регургитация, на момент исследования не приводящая к гемодинамически значимым отклонениям и не усилившаяся после участия в рабочих нагрузках.

В первом случае выявленная регургитация клапана легочной артерии 1 степени, вероятнее всего, является нормой, с учетом отсутствия признаков легочной гипертензии и структурных изменений выносящего тракта правого желудочка, однако более точный вывод можно делать только по результатам дальнейших наблюдений.

Регургитация выявленная у второй собаки наблюдалась на митральном клапане и соответствовала 2 степени, при этом структурных изменений самого клапана выявлено не было. В этом случае регургитация, вероятнее всего вторична к дилатации ЛЖ, так как у данного животного отмечалось увеличение значений нормализованного КДР до 2,07 и КСР до 1,23. Вероятно она возникла за счет растяжения фиброзного кольца митрального клапана, что согласуется с литературными данными [2]. При этом у данной собаки также отмечалось расширение ЛП (соотношение ЛП/Ао составило 2,07), при отсутствии повышения давления в предсердии и возникновения диастолической дисфункции. Учитывая, что подобные изменения встречаются у людей-спортсменов и потенциально могут привести к развитию сердечной недостаточности [7], на них следует обратить особое внимание, поскольку механизм адаптации к повышенным нагрузкам у человека и собак имеет значительные сходства. Следовательно, данный вы-

Таблица 2 — Значения показателей электрокардиографического исследования животных первой и второй групп до и после перенесенной нагрузки

Table 2 — Values of electrocardiographic study parameters of animals of the first and second groups before and after the load

Показатель	Референсные значения	Средние значения показателя			
		Группа 1 (n=10) (нормированная нагрузка)		Группа 2 (n=10) (длительная ненормированная нагрузка) [15]	
		До участия	После участия	До участия	После участия
ЧСС, уд/мин	60-170	80,70±5,10	85,10±4,22	103,00±4,36	115,90±5,38
ЭОС	От +40 до +100	51,90±8,68	51,50±10,46	68,00±5,12	58,50±7,89
QRS, сек	< 0,07	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00
P, мВ	<0,4	0,19±0,02	0,19±0,01	0,25±0,02	0,25±0,02
P, сек	< 0,04	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00
Q, мВ	—	0,65±0,12	0,67±0,12	0,33±0,09	0,37±0,11
R II, мВ	< 3,0	2,08±0,28	2,09±0,27	0,93±0,12	1,03±0,13
P-Q, сек	0,06—0,130	0,12±0,01	0,12±0,01	0,10±0,01	0,11±0,01
Q-Tc, сек	0,15—0,24	0,22±0,01	0,22±0,01	0,21±0,00	0,22±0,01
T-Q, сек	-	0,53±0,05	0,48±0,03	0,38±0,02	0,32±0,02
QT/TQ	≤1	0,44±0,03	0,48±0,02	0,57±0,04	0,69±0,04
T, мВ	0,05—1	0,52±0,08	0,55±0,11	0,17±0,02	0,18±0,02

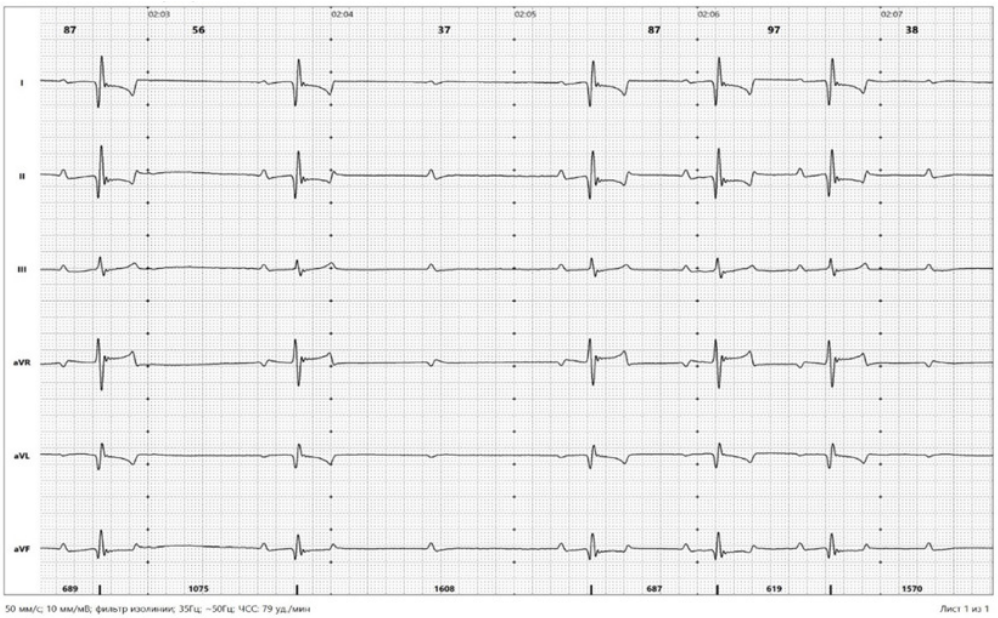


Рисунок 1 *— Повторное ЭКГ собаки-спасателя из второй группы, с выявленной АВ-блокадой, проведённое через 8 недель и выполненное до нагрузки.*

Figure 1 *— Repeat ECG of a rescue dog from the second group, with detected AV block, performed 8 weeks later and before exercise.*

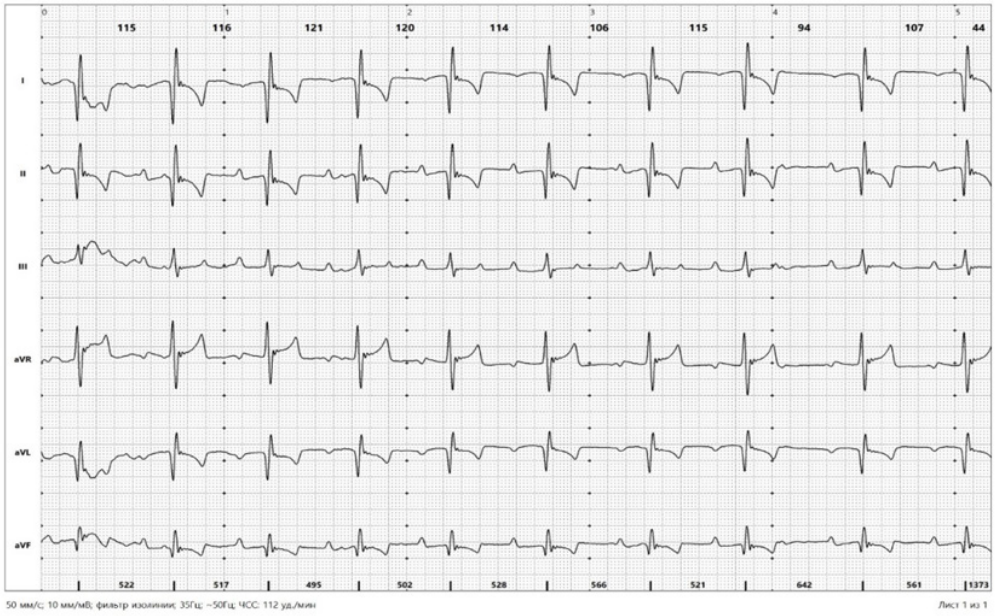


Рисунок 2 *— Повторное ЭКГ собаки-спасателя из второй группы, с выявленной АВ-блокадой, проведённое через 8 недель и выполненное после нагрузки.*

Figure 2 *— Repeat ECG of a rescue dog from the second group, with detected AV block, performed 8 weeks later and after exercise.*

явленный случай может быть закономерным для собак средних пород, участвующих в ПСР.

Средние значения учитываемых показателей электрокардиографического исследования животных первой и второй групп до и после перенесенной нагрузки представлены в таблице 2 [15].

По полученным результатам в конце исследования можно отметить изменение электрической активности сердца у животных относящихся как первой, так и ко второй группе. В обеих группах отмечалось увеличение ЧСС (в среднем на 5,45 % в первой и на 12,52 % во второй группе), что, вероятно, связано с более беспокойным поведением животных после интенсивной работы, в ходе которой они регулярно испытывали стресс. Это согласуется с ранее проведенными исследованиями [12].

Наблюдаемое у животных первой и второй групп в конце эксперимента уменьшение числового значения ЭОС на 0,77 % и на 13,97 %, соответственно, исходя из данных литературы, свидетельствует об отклонении электрической оси влево и может быть обусловлено блокадой левой передней ножки пучка Гиса или увеличением массы, или объема левого желудочка, что более вероятно [8].

Отмеченные в конце опыта у животных первой и второй групп увеличения амплитуды зубцов Q (на 3,08 % и 12,12 %, соответственно), R (на 0,48 % и 10,75 %, соответственно) и T (на 5,77 % и 5,88 %, соответственно), вероятно стоит рассматривать как следствие увеличения массы левого желудочка на фоне его интенсивной работы во время значительных физических и психоэмоциональных нагрузок, необходимое для оптимизации кровоснабжения, что также согласуется с данными литературы [13].

Выявленное в конце эксперимента у животных первой и второй групп увеличение соотношения QT/TQ (на 9,09 % и 21,05 %, соответственно), обоснованное укорочением интервала TQ (на 9,43 % и 15,79 %, соответственно), вероятно, связано с повышением ЧСС, что находит отражение в зарубежных публикациях [17].

Кроме вышеуказанных изменений у животных из состава второй группы, после участия в длительных ненормированных ПСР, в отличии от собак из первой группы, отмечалось увеличение интервала PQ на 10,0 %, что свидетельствует о более длительной задержке у них проведения импульса через атриовентрикулярный узел. Исходя из данных литературы причиной этому могут служить повышенный тонус блуждающего нерва, ишемия миокарда и электролитные нарушения [1, 4]. Выявленное у животных второй группы увеличение интервала QT на 4,76 %, может свидетельствовать о более длительном проведении импульса через желудочки, а также на о наличии возможных электролитных нарушений и ишемии [1, 4, 8, 17].

Дополнительно стоит отметить, что у одного животного из второй группы удлинение интервала PQ отмечалось как до, так и после участия в длительных ненормированных ПСР, что свидетельствует о наличии у него АВ блокады I степени. При этом после участия в ПСР блокада усилилась. В связи с чем было принято решение о дополнительном мониторинге данной собаки. При исследовании в динамике (через 8 недель) отмечалось сохранение прежней величины интервала PQ с выявлением АВ блокады II степени типа Мобитц II (рисунки 1 и 2), которая сохранялась при физической нагрузке (пробежка 1,0 км), что является неблагоприятным признаком и говорит об органических изменения АВ узла [8]. Данная собака была направлена на мониторинг по Холтеру для уточнения диагноза.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Комплексное использование ЭхоКГ и ЭКГ у служебных собак при применении нагрузок поисково-спасательного профиля позволило не только зафиксировать ожидаемые физиологические адаптационные изменения сердца («спортивное сердце»), но и выявить потенциальные зоны риска. При этом наиболее выраженные изменения показателей ЭхоКГ и ЭКГ были выявлены у собак второй группы. У них, после участия в длительных ненормированных ПСР, отмечалось значительное повышение величин КДР и КСР, увеличение ЧСС, фракции укорочения, амплитуды зубцов Q, R и T, соотношения QT/TQ, интервала PQ, диаметра аорты, на фоне снижения числового значения ЭОС. При этом выявленные во второй группе увеличения толщины МЖП и ЗСЛЖ свидетельствуют о тенденции к развитию концентрической гипертрофии ЛЖ и являются показанием к регулярному проведению ЭхоКГ животным участвующим в длительных ненормированных ПСР, необходимому для своевременного выявления вторичных нарушений работы ССС.

ANALYSIS OF THE ADAPTATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF SERVICE DOGS TO THE LOADS OF THE SEARCH AND RESCUE PROFILE, ACCORDING TO ECHO AND ELECTROCARDIOGRAPHIC STUDIES

Chelnokova V. V.* — Candidate of the Sinev Department of Internal Animal Diseases (ORCID 0009-0000-2433-4126); **Prusakov A. V.** — Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Sinev Department of Internal Animal Diseases. Sineva A.V. (ORCID 0000-0001-5582-5155); **Yashin A. V.** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Internal Animal Diseases. Sineva A.V. (ORCID 0000-0002-3614-4730).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*neswe@mail.ru.

ABSTRACT. *The aim of the study was to analyze the adaptation of the cardiovascular system of service dogs to the loads of the search and rescue profile, based on the data of echo and electrocardiographic studies. The study included clinically healthy dogs of medium breeds of the search and canine service, divided into two groups. The animals of the first group participated in the normalized, and the animals of the second group in the non-normalized search and rescue operations. There were 10 animals in each group that had no significant health abnormalities according to the clinical examination. EchoCG was performed on the Mindray DC-8 Exp device using a sector phased and microconvex sensor. The ECG was recorded using a Poly-Spektr-8/V device using the standard lead method, and the ECG was taken within five minutes. The statistical analysis of the obtained data was performed in the Microsoft Excel 2016 program. As a result of the research, it was found that the participation of medium-breed dogs in prolonged PSR of any type leads to changes in echocardiographic and electrocardiographic parameters, which is due to the forced adaptation of the cardiovascular system to increased stress. After participating in long-term non-normalized PSR, they showed a significant increase in*

the values of the final systolic size (DAC) and the final diastolic size of the CDR, an increase in heart rate (HR), shortening fraction, amplitude of the Q, R and T waves, QT/TQ ratio, PQ interval, aortic diameter, against the background of a decrease in the numerical value the electrical axis of the heart (EOS). At the same time, the increases in the thickness of the interventricular septum (IVP) and the posterior wall of the left ventricle (LVL) revealed in the second group indicate a tendency towards the development of concentric hypertrophy of the left ventricle (LV) and are an indication for regular EchoCG in animals participating in prolonged abnormal PSR, necessary for the timely detection of secondary cardiovascular disorders.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ состояния миокарда у мелких домашних животных по данным электрокардиографии / А. А. Воронина, А. С. Вахтанова, Н. А. Кочуева, К. Д. Сабетова // Аграрный вестник Нечерноземья. — 2022. — № 3(7). — С. 29—36. DOI 10.52025/2712-8679_2022_03_29.

2. Ассоциированная с фибрилляцией предсердий тяжелая митральная и трикуспидальная недостаточность на фоне аннулодилатации / Л. А. Бокерия [и др.] // Анналы аритмологии. — 2016. — Т. 13, № 1. — С. 23—28. DOI 10.15275/annaritmol.2016.1.3.

3. Илларионова В.К., Ипполитова Т.В., Денисенко В.Н. Основы электрокардиографии собак. — М.: Колос, 2005. — 48 с.

4. Омарова, С. А. Изменения в ЭКГ при нарушениях электролитного баланса / С. А. Омарова, С. А. Омарова, Н. А. Кубышкина // Мечниковские чтения-2025 : Материалы 98-й Всероссийской научно-практической конференции студенческого научного общества с межд. участием, Санкт-Петербург, 24—25 апреля 2025 года. — Санкт-Петербург: Северо-Западный гос. мед. университет им. И. И. Мечникова, 2025. — С. 300.

5. Погодаева, К. А. Механизмы развития патологий сердца / К. А. Погодаева, А. В. Прусаков // Ветеринарная медицина и практика: сборник научных статей. — Санкт—Петербург: Санкт-Петербургский гос. университет вет. медицины, 2024. — С. 74—79.

6. Поплавская, К. Д. Компенсаторные изменения миокарда у спортивных собак / К. Д. Поплавская ; науч. рук. Д. С. Былинская // Студенты — науке и практике АПК : материалы 105-й Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, г. Витебск, 20—21 мая 2020 г., посвященной 145-летию со дня рождения первого ректора УО ВГАВМ, профессора Е. Ф. Алонова / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. — Витебск : ВГАВМ, 2020. — С. 195—196.

7. Предикторы патологического ремоделирования миокарда спортсмена / В. В. Деев [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. — 2020. — Т. 97, № 6—2. — С. 35—36.

8. Сантилли Р., Перего М. Электрокардиография собак и кошек. Формирование и интерпретация сердечного ритма. — Пер. с итальянского А. Канунниковой / Под ред. В. Илларионовой. — М. Аквариум, 2017. — 280 с.: ил.

9. Сергеев, Д. Б. Результаты скринингового исследования сердца у служебных собак / Д. Б. Сергеев, С. П. Ковалев // Теория и практика современной агр. науки : Сборник III нац. (всерос.) научной конференции с межд. участием, Новосибирск, 28 февраля 2020 года / Новосибирский гос. агр. ун-тет. Том 2. — Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. — С. 615—618.

10. Физиология сердечной деятельности: учебно—методическое пособие для самостоятельной работы студентов /сост.: Попова Н.Н., Федоров В.П. — Воронеж, ВГАС, 2022. — 65 с.

REFERENCES

1. Analysis of the state of the myocardium in small domestic animals according to electrocardiography / A. A. Voronina, A. S. Vakhtanova et al. // Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region. — 2022. — № 3(7). — P. 29—36. DOI 10.52025/2712-8679_2022_03_29.

2. Severe mitral and tricuspid insufficiency associated with atrial fibrillation on the background of annulodilation / L. A. Bokeria, M. Y. Mironenko, V. A. Mironenko [et al.] // Annals of Arrhythmology. — 2016. — Vol. 13, No. 1. — P. 23—28. DOI 10.15275/annaritmol.2016.1.3.

3. Illarionova V.K., Ippolitova T.V., Denisenko V.N. Fundamentals of electrocardiography of dogs. Moscow: Kolos, 2005. 48 p.

4. Omarova, S. A. Changes in the ECG in cases of electrolyte imbalance / S. A. Omarova, S. A. Omarova, N. A. Kubyshkina // Mechnikov Readings—2025 : Proceedings of the 98th All-Russian Scientific and Practical Conference of the Student Scientific Society with international participation, St. Petersburg, April 24—25, 2025. Saint Petersburg: I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University, 2025, P. 300.

5. Pogodaeva, K. A. Mechanisms of development of heart pathologies / K. A. Pogodaeva, A.V. Prusakov // Veterinary medicine and practice: a collection of scientific articles. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2024, P. 74—79.

6. Poplavskaya, K. D. Compensatory changes of the myocardium in sports dogs / K. D. Poplavskaya ; scientific supervisor D. S. Bylinskaya // Students in Science and Practice of Agriculture : proceedings of the 105th International Scientific and Practical Conference of Students and Undergraduates, Vitebsk, May 20—21, 2020, dedicated to the 145th anniversary of the birth of the first Rector of the Higher School of Economics, Professor E.F. Alonov / Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. Vitebsk : VGAVM Publ., 2020, P. 195—196.

7. Predictors of pathological remodeling of the athlete's myocardium / V. V. Deev, V. I. Pavlov, Z. G. Ordzhonikidze [et al.] // Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2020. Vol. 97, No. 6—2. P. 35—36.

8. Santilli R., Perego M. Electrocardiography of dogs and cats. Heart rate formation and interpretation. — Translated from Italian by A. Kanunnikova / Edited by V. Illarionova, Moscow, Aquarium, 2017, 280 p. (in Russian).

9. Sergeev, D. B., S. P. Kovalev, Results of screening examination of the heart in service dogs // Theory and practice of modern agricultural science : Proceedings of the III National (All-Russian) Sci. Conference with international participation, Novosibirsk, February 28, 2020 / Novosibirsk State Agr/ University. Volume 2. Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoy Kolos», 2020. pp. 615—618.

10. Physiology of cardiac activity: an educational and methodological guide for students' independent work / comp.: Popova N. N., Fedorov V. P. — Voronezh, VGAS, 2022. — 65 p.

11. Челнокова, В. В. Изменение эхокардиографических показателей у собак средних пород после участия в длительных ненормированных поисково-спасательных работах / В. В. Челнокова, А. В. Прусаков // Проблемы и пути развития вет. и зоотехнической наук : Материалы Межд. научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, молодых ученых и студентов, посвященной 100-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки СССР, доктора вет. наук, профессора кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО Вавиловский университет Тарасова Ивана Ивановича, Саратов, 24—25 апреля 2025 года. — Саратов: Саратовский гос. университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2025. — С. 934—938.

12. Челнокова, В. В. Оценка уровня стресса у собак до и после участия в поисково-спасательных работах / В. В. Челнокова, А. В. Прусаков // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. — 2025. — Т. 14, № 1. — С. 204—207. DOI 10.48612/sbornik-2025-1-48.

13. Шестакова А. Николаевна, Яшин А. В., Рябов Да. К. Изменение электрической активности сердца и ремоделирование миокарда под влиянием тренинга у ездовых собак // Актуальные вопросы ветеринарной биологии.— 2018.—№3 (39).— С.13—21

14. Яковенко, А. А. Влияние профессиональной нагрузки на функциональное состояние специалистов кинологов и служебных собак / А. А. Яковенко и др. // Материалы Межд. научной конф-ции «Бисосфера и человек» : Материалы Межд. науч. конф-ции, Майкоп, 24—25 октября 2019 года. — Майкоп: ООО «Электр. издательские технологии», 2019. — С. 442—444.

15. Chelnokova, V. V. The influence of load during irregular research and rescue work on the change of electric cardiac activity in rescue dogs of medium—sized dog breeds / V. V. Chelnokova, A. V. Prusakov, A. V. Yashin //, 23—24 ноября 2023 года, 2023. — P. 472—474.

16. Esser, L. C., Borkovec, M., Bauer, A., Häggström, J., & Wess, G. (2020). Left ventricular M-mode prediction intervals in 7651 dogs: Population-wide and selected breed-specific values. Journal of Veterinary Internal Medicine. doi:10.1111/jvim.15914

17. Fossa AA. Assessing QT prolongation in conscious dogs: validation of a beat-to-beat method. Pharmacol Ther. 2008 Aug;119(2):133—40. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2008.02.013. PMID: 18938261.

11. Chelnokova, V. V. Changes in echocardiographic parameters in medium—breed dogs after participating in prolonged irregular search and rescue operations / V. V. Chelnokova, A. V. Prusakov // Problems and ways of development of veterinary and zootechnical sciences : Materials of the International scientific and practical Conference of faculty, graduate students, young scientists and students dedicated to the 100th anniversary of the birth of the Honored Scientist of the USSR, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department «Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise» Vavilovsky Tarasov Ivan Ivanovich University, Saratov, April 24—25, 2025. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2025, pp. 934—938.

12. Chelnokova, V. V. Assessment of stress levels in dogs before and after participating in search and rescue operations / V. V. Chelnokova, A.V. Prusakov // Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. — 2025. — Vol. 14, No. 1. — pp. 204—207. DOI 10.48612/sbornik-2025-1-48.

13. Shestakova Anna Nikolaevna, Yashin Anatoly Viktorovich, Ryabov Daniil Konstantinovich Changes in the electrical activity of the heart and remodeling of the myocardium under the influence of training in sled dogs // Actual issues of veterinary biology. 2018. №3 (39).

14. Yakovenko A. A., Kolmakova T. S., Didenko A.V. The influence of professional workload on the functional state of dog handlers and service dogs // Proceedings of the International Scientific Conference «Bisosphere and Man» : Proceedings of the International Scientific Conference, Maykop, October 24—25, 2019. — Maikop: Electronic Publishing Technologies LLC, 2019. pp. 442—444.

15. Chelnokova, V. V. The influence of load during irregular research and rescue work on the change of electric cardiac activity in rescue dogs of medium—sized dog breeds / V. V. Chelnokova, A. V. Prusakov, A. V. Yashin //, 23—24 ноября 2023 года, 2023. — P. 472—474.

16. Esser, L. C., Borkovec, M., Bauer, A., Häggström, J., & Wess, G. (2020). Left ventricular M-mode prediction intervals in 7651 dogs: Population-wide and selected breed-specific values. Journal of Veterinary Internal Medicine. doi:10.1111/jvim.15914

17. Fossa AA. Assessing QT prolongation in conscious dogs: validation of a beat-to-beat method. Pharmacol Ther. 2008 Aug;119(2):133—40. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2008.02.013. PMID: 18938261.

УДК: 619:599.742
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.366

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ОЖИРЕНИИ МЕЛКИХ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Паутова В. В.[1] — асп. каф. морфологии, физиологии и общей патологии (ORCID 0009-0005-2832-4335); **Скосырских Л. Н.**[1] — канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. незаразных болезней (ORCID 0000-0001-6208-6565); **Сидорова К. А.**[1] — д-р биол. наук, проф., зав. каф. морфологии, физиологии и общей патологии (ORCID 0000-0001-6912-7454); **Драгич О. А.**[1, 2] — д-р биол. наук, доц., проф. каф. морфологии, физиологии и общей патологии, проф. каф. физической культуры и спорта (ORCID 0000-0002-1086-5687); **Калашникова М. В.**[1] — канд. биол. наук, доц., доц. каф. морфологии, физиологии и общей патологии (ORCID 0009-0000-9742-2397); **Щипакин М. В.**[3] — д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. анатомии животных (ORCID 0000-0002-2960-3222).

[1]ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет».

[2]ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

[3]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины».

*k.a.sidorova@utmn.ru.

Ключевые слова: *животные, исследования, ожирение, диагностика, патология, лечение, кормление, содержание, физическая активность.*

Key words: *animals, research, obesity, diagnosis, pathology, treatment, feeding, maintenance, physical activity.*

Поступила в редакцию / Received: 06.04.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

CC BY

РЕФЕРАТ. *Для животных ожирение является реальной и растущей угрозой, около 40—59 % домашних собак страдают от избыточного веса, аналогичная статистика наблюдается и у домашних кошек. За последние годы эти цифры выросли, и практикующие ветеринарные врачи с уверенностью утверждают, что ожирение представляет собой все более серьезную проблему среди их пациентов. Целью работы является анализ клинических проявлений, диагностических и лечебных мероприятий при ожирении собак и кошек. Научно-исследовательская работа была проведена на кафедре внутренних незаразных болезней сельскохозяйственных животных и ветеринарной клиники ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. За период проведения исследований в клинику поступило 11764 животных, из них ожирение было диагностировано у 4074 (34,6 %) животных, в т.ч. у 2319 кошек и 1755 собак (56,9 и 43,1 % случаев соответственно). Установлено, что основной причиной избыточной массы тела — бесконтрольное кормление (73,4 % случаев). Значительный риск набора веса был отмечен у собак породы лабрадор (44,9 % случаев), у кошек — шотландской и британской пород — 34,6 и 32,1 %, соответственно. Из сопутствующих заболеваний, связанных с ожирением, лидирующее место заняли патологии пищеварительной системы (42,4 %), реже встречались заболевания мочевыделительной, сердечно-сосудистой систем и опорно-двигательного аппарата (20,2; 10,1 и 9,8 %, соответственно). Более высокая терапевтическая эффективность установлена при использовании 1-й схемы лечения: собаки через 6 месяцев похудели в среднем на 2,5—3 кг (16,2 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 13 см, а индекс тазовых конечностей на 6 см, жировые отложения соответственно — 14,9 %, кондиция тела 5/9 баллов. Кошки похудели в среднем на 2 кг (23,5 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 7 см, а индекс тазовых конечностей на 3 см, жировые отложения оценивались в 14,9 %, кондиция тела 6/9 баллов. При применении 2-й схемы лечения собаки через 6 месяцев похудели в среднем на 1,5 кг (6,9 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 8 см, а индекс тазовых конечностей на 4,5 см, жировые отложения равны 19,8 %, кондиция тела 7/9 баллов. Кошки похудели в среднем на 1,6—1,8 кг (18,6 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 5 см, а индекс тазовых конечностей на 3 см, жировые отложения оценивались в 18,9 %, кондиция тела 7/9 баллов.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. Основными причинами ожирения являются избыточное энергетическое кормление, свободный доступ к корму [10, 11], добавление к основному рациону жирного мяса, кондитерских изделий, редкое неравномерное обильное кормление, когда поступившие с кормом жиры не успевают пройти нормальные процессы обмена и откладываются про запас в организме, и когда поступление жиров и углеводов превосходит их расход на энергонужды, тогда жир в избыточном количестве откладывается в подкожной клетчатке, в сальнике и других органах [4, 6, 9].

Для животных ожирение является реальной и растущей угрозой, около 40—59 % домашних собак страдают от избыточного веса, аналогичная статистика наблюдается и у домашних кошек.

За последние годы эти цифры выросли, и практикующие ветеринарные врачи с уверенностью утверждают, что ожирение представляет собой все более серьезную проблему среди их пациентов. С ожирением связана повышенная частота метаболических, эндокринных, респираторных, ортопедических, дерматологических и прочих заболеваний, а это означает, что клиницистам следует уделять особое внимание его профилактике и лечению [1, 2, 7].

Не вызывает сомнений тот факт, что ожирение становится все более значимой проблемой, а связанные с ним заболевания ухудшают качество жизни собак и кошек. Следует рассмотреть и причины ожирения, поскольку, чтобы оказать помощь таким пациентам, врачи, безусловно, должны обладать более обширной информацией о рисках, связанных с их образом жизни и рационом питания [3, 8, 10].

Целью работы является анализ клинических проявлений, диагностических и лечебных мероприятий при ожирении собак и кошек.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ /MATERIALS AND METHODS. Научно-исследовательская работа была проведена на кафедре внутренних незаразных болезней сельскохозяйственных животных и ветеринарной клиники ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья в период с сентября 2022 г. по сентябрь 2023 г.

Диагностика ожирения осуществлялась с учетом анамнеза, клинического осмотра животного, анализа рациона и лабораторных исследований, включающих в себя гематологические и биохимические, а также ультразвуковое и рентгенологическое исследования.

Использовался метод измерения массы тела с помощью электронных весов, а определение кондиции тела проводился по 9-ти балльной системе BSC.

Полученные цифровые показатели сравнивали для выявления погрешностей в кормлении

Общий и биохимический анализ крови, который отражает функциональное состояние внутренних органов, проводился на гематологических анализаторах DIRUI BCC 3900 VET, (Китай) и Mindray BS-120, (Китай). Процедуру забора крови проводили животным с соблюдением голодной диеты 8—10 часов.

При ультразвуковой диагностике (аппарат Chison Sonotouch 30) с частотой 6—10 МГц, определяли состояние органов брюшной полости, толщину подкожного жира, гипоэхогенные линии.

Для выявления коррекционных связей окружности талии (ОТ), толщины подкожного и висцерального жира с компонентами метаболитического синдрома, проводили замеры окружности различных частей тела животных; окружность грудной клетки у кошек замерялась на уровне 9-го ребра, а у собак на уровне 10-го ребра, а индекс тазовой конечности — измерением расстояния от коленной чашечки до бугра пяточной кости. Процент жировых отложений рассчитывали по формуле: 1,5 х (окружность грудной клетки — индекс тазовой конечности) — ТВ, где 1,5 — индекс окружности по NRS; ТВ — текущий вес [10, 11].

Рентгенографические исследования проводили на аппарате EcoRay Orange — 1040HF в прямой и боковой проекции. Сопутствующим заболеванием у собак был выявлен артрит тазовых конечностей. Эффективность лечения ожирения изучали на 4 группах животных (n=20), первая, вторая группы собак — в возрасте 5 лет, масса тела в начале исследования 18—19кг. Наблюдение за собаками проводилось в течение 6-ти месяцев, с оценкой — 1 раз в месяц, избыточный вес определяли путем осмотра, взвешивания, оценки кондиции тела по 9-ти балльной системе BSC и измерением жировых отложений.

Первоначально кондиция тела собак оценивалась в 8/9 баллов, т.е. наблюдались массивные жировые отложения на пояснице, в области позвоночника и основания хвоста; талия отсутствовала, живот провислый; ребра не прощупываются под толстым слоем жира или прощупываются только при сильном надавливании. Жировые отложения высчитывали по формуле, согласно которой окружность грудной клетки составила 50,0±5,0 см, индекс тазовых конечностей — 18,0±2,0 см, жировые отложения у собак были равны 30,0±5,0 %.

Наблюдение за кошками (3,4 группы, возраст 7 лет, масса тела на начальном этапе исследования 8—9 кг) проводилось в течение года, с оценкой состояния их организма один раз в 3 месяца, избыточный вес выявляли с помощью осмотра, взвешивания, определения кондиции тела по 9-ти балльной системе BSC и измерения жировых отложений. При кондиции тела кошки 9/9 баллов, наблюдались значительные отложения брюшного жира; растяжение брюшной полости; отсутствие талии; ребра покрыты толстым слоем жира. Жировые отложения высчитывали по формуле, где окружность грудной клетки 30,0±5,0 см, индекс тазовых конечностей 9,0±2,0 см, т.е. жировые отложения у кошек соответствовали 28,0±3,0 %. Наиболее часто регистрируемое, сопутствующее заболевание при ожирении у кошек — липидоз печени.

С учетом оценки степени ожирения, для снижения веса использовали следующие корма: корм для снижения веса Hills Metabolic, который рассчитан на сухое вещество ингредиентов. Повышенное количество белка и клетчатки, умеренное количество жира и углеводов, положительно влияло на снижение веса; корм Alleva equilibrium для взрослых собак и для взрослых стерилизованных кошек, содержит оптимальное количество белка, его жирность для собак выше рекомендуемой, для кошек в пределах нормы. Углеводы находятся на верхней границе, клетчатки в корме минимальное количество, но при добавлении псиллиума к рациону она увеличивается до 5 %.

Для оценки количества съеденных продуктов в сутки и ежемесячного взвешивания владельцы заводили дневник для домашнего питомца, в котором записывали рацион и вес животного.

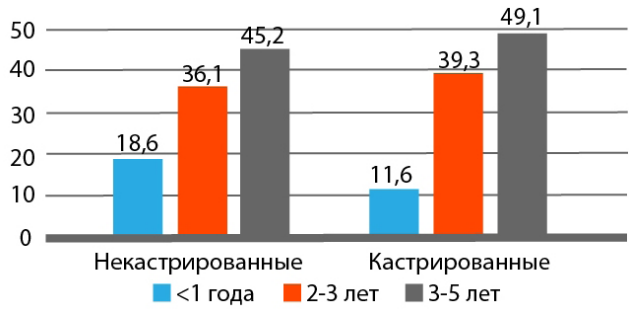


Рисунок 1 *— Возрастная и половая динамика ожирения у собак, %.*

Figure 1 *— Age and gender dynamics of obesity in dogs, %.*

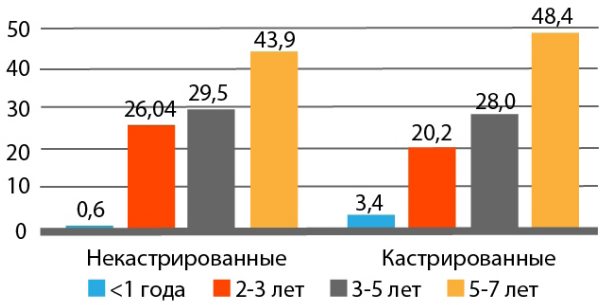


Рисунок 2 *— Возрастная и половая динамика ожирения у кошек, %.*

Figure 2 *— Age and gender dynamics of obesity in cats, %.*

Критерием оценки эффективности лечения ожирения у собак служило снижение веса до идеального 14—15 кг, оценки кондиции 5/5 баллов и жировые отложения 10—15 %. Для кошек снижение веса до идеального 5— 6 кг, оценка кондиции 6/9 и жировые отложения 15—18 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В период с 2022 г. по 2023 г. в клинику обратилось 11764 животных, из них 6241 собак и 5523 кошки, что составило 53,0 и 46,9 %. Ожирение у животных было зарегистрировано в 4074 (34,6 %) случаев, из них у кошек в 2319 случаях (56,9 %). У собак данное состояние регистрировалось у 1755 (43,1 %). У собак чаще регистрировалась кондиция тела 7/9, что составляло 4,9 % или 8/9 (5,2 %). Что касается кошек, то это 8/9 (5,01 %) или 9/9 (6,29 %) баллов. Следует отметить, что ожирение у кошек встречается чаще, чем у собак на 4,8 %.

Ожирение у домашних животных может вызвать развитие разнообразных патологий, чаще у собак с кондицией тела 8/9 или 9/8 баллов наблюдались, такие заболевания как артрит, болезни пищеварительной системы, у сук наблюдалась проблема с репродуктивной системой.

При ожирении с кондицией тела 8/9 или 9/9 баллов у кошек чаще развивался сахарный диабет, также наблюдались проблемы с сердечно-сосудистой, дыхательной, мочевыделительной и пищеварительной системами. Ожирение у кошек встречается на 13,8 % чаще, чем у собак.

На основании проведенных исследований, были выявлены следующие причины развития ожирения: — бесконтрольное кормление, встречалось у 2991 животного из них 1890 кошек и 1101 собака; — низкая активность — у 873 животного, из них 610 кошек и 263 собаки; — перекармливание лакомствами — у 165 собак и 45 кошек. Чаще всего к ожирению предрасположены собаки от 3—5 лет и кошки от 5—7 лет.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что кастрированные собаки в возрасте от 3—5 лет более подвержены ожирению на 3,9 %, чем некастрированные. Чаще это связано со снижением активности и перееданием.

Данные рисунка 2 свидетельствуют о том, что у кастрированных кошек и котов в возрасте 5—7 лет ожирение на 4,5 % встречается чаще, чем у не кастрированных.

Что касается породной предрасположенности к ожирению у собак — это французские бульдоги, лабрадоры, золотистый ретривер, такса. Однако у метисов встречался меньший процент ожирения. У кошек таких пород как, шотландская вислоухая, британская, сфинкс, персидская ожирение встречалось чаще, у беспородных — реже. Некоторые породы такие как лабрадор имеют склонность к ожирению из-за мутации гена POMC, ожирение регистрировалось у породы лабрадор в 44,9 % случаев.

Полученные данные, свидетельствуют о том, что шотландские вислоухие имели чаще избыточный вес, чем другие породы кошек, причина в особенностях характера породы: они не очень привязаны к людям, чаще едят и спят.

Условия содержания также влияют на избыточный вес у животных. Кошки и собаки, которые не имели выход на улицу, чаще имели избыточный вес (рис. 3).

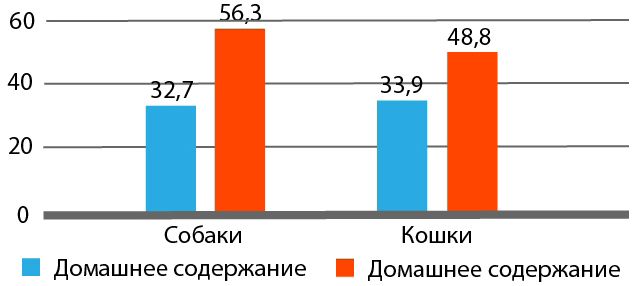


Рисунок 3 *— Ожирение, связанное с условиями содержания, %.*

Figure 3 *— Obesity associated with housing conditions, %.*

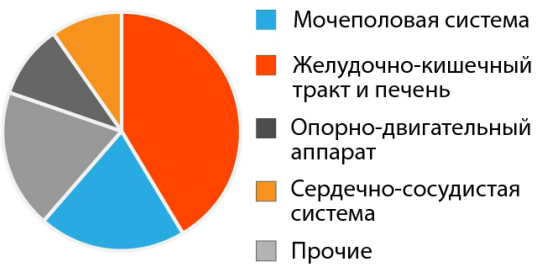


Рисунок 4 *— Сопутствующие заболевания при ожирении, %.*

Figure 4 *— Comorbidities in obesity, %.*

Таблица 1 — Биохимический анализ крови кошек с ожирением, n=10

Table 1 — Biochemical blood analysis of obese cats, n=10

Показатели	Референсное значение	Результат
Глюкоза (ммоль/л)	3—7	4,0±0,5
АСТ(МЕ/л)	9—29	**35,0±1,5**
АЛТ (МЕ/л)	19—79	**89,7±0,5**
Билирубин общий (ммоль/л)	0—13,5	6,5±0,5
Мочевина (ммоль/л)	2—8	**9,5±2,5**
Креатинин (ммоль/л)	70—165	**175,2±1,5**
Белок (г/л)	66—80	69,4±1,4
Щелочная фосфатаза (ЕД/л)	39—55	49,8±0,5

На фоне ожирения развивались и другие заболевания, такие как патологии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и печени, которые были зарегистрированы у 4940 животных, что составило 42,4 %, из них 2941 (25,05 %) собак и 1999 (16,9 %) кошек, заболевания мочевыделительной системы встречались чуть реже — 2352 (20,02 %), из них 1871 (15,9 %) кошек и 481 (4,3 %) собак, сердечно-сосудистые заболевания регистрировались у 1058 животных, что составило 9,8 %, из них 651 (6,5 %) кошка и 407 (3,3 %) собак, болезни опорно-двигательного аппарата составляли 1176 (10,1%), из них 981 (8,5 %) собака и 195 (1,6 %) кошек. Прочие заболевания у кошек и собак (инфекционные, незаразные), занимали 18,9 %, (рис. 4).

Для оценки функционального состояния организма животных, которым была назначена диетотерапии, проводили исследования крови. Для диагностики функций печени у кошек с избыточным весом, особое внимания обращали на уровень АЛТ, АСТ.

Результаты исследования биохимического анализа крови у кошек представлены в таблице 1.

Согласно полученным данным, у кошек завышены показатели АЛТ, АСТ в 1,5 раза, что, по всей вероятности, связано с патологией печени.

После проведения диетотерапии в течение 12 месяцев, вес кошек приблизился к нормативному, а показатели крови — к референсным значениям. У собак биохимические показатели крови были в пределах нормы.

При УЗИ исследовании брюшной полости у кошек выявлены изменения, связанные с признаками липидоза печени (жировой дистрофии печени) — ее границы выходят за пределы реберной дуги, контур нечеткий, диффузное повышение эхогенности паренхимы, сосудистый рисунок сглажен, присутствует жировая инфильтрация, структура паренхимы однородная, желчные протоки слегка расширены, большое количество висцерального жира, перистальтика кишечника снижена, диффузные изменения почек. Остальные органы без патологий и мало визуализировались из-за значительного количества жировой ткани (рис. 5).

Согласно данных УЗИ печени — через год после диетотерапии у кошек, ее границы не выходят за пределы реберной дуги, контур четкий, эхогенность не нарушена, сосудистый рисунок слегка сглажен, структура паренхимы однородная, желчные протоки не расширены.

При избыточном весе у собак наблюдалась хромота на тазовые конечности, поэтому для уточнения диагноза была проведена рентгенография, которая выявила артрит крючковидного отростка (рис. 6).

После проведения диетотерапии в течение 6-ти месяцев, хромота уменьшалась, активность увеличивалась, а через следующие 6 месяцев хромота полностью прошла, у собак активизировалась двигательная активность.

Рисунок 5 *— УЗИ печени кошки при липидозе.*

Figure 5 *— Ultrasound of the cat's liver with lipidosis.*

Рисунок 6 *— Коленный сустав собаки до лечения (каудально-краниальная проекция).*

Figure 6 *— The dog's knee joint before treatment (caudal-cranial projection).*

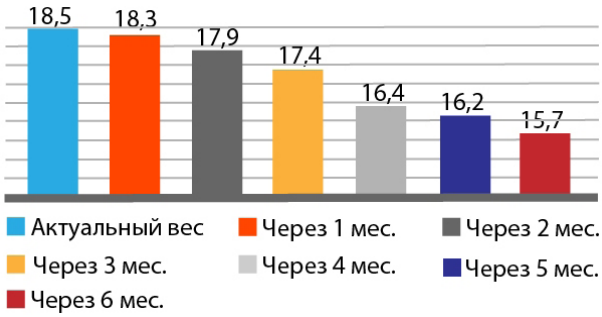


Рисунок 7 *— Снижение массы тела собак 1 группы, кг.*
Figure 7 *— Weight loss in dogs of group 1, kg.*

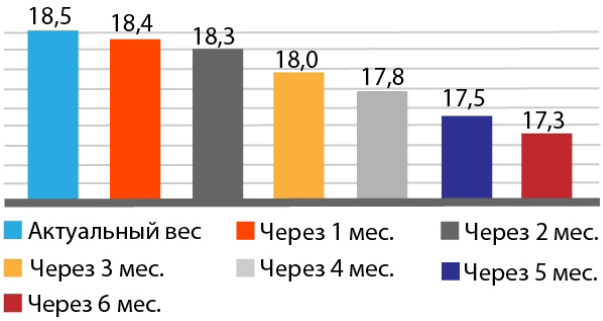


Рисунок 8 *— Снижение массы тела у собак 2 группы, кг.*
Figure 8 *— Weight loss in dogs of group 2, kg.*

Потребление сухого корма Hills Metabolic и лакомств в виде сырого огурца или моркови с применением физической активности в виде пешей прогулки 30 минут утром и 1 час вечером у 5 собак 1 группы, снизили вес через месяц в среднем на 200 г, через 2 месяца — на 300—400 г, через 3 месяца — на 1 кг, через 4 месяца — на 1,5—2 кг, через 5 месяцев — 2,5—3 кг, (рис. 7).

Окружность грудной клетки через 1 месяц у собак 1 группы уменьшилась на 0,15 см, а индекс тазовых конечностей на 0,23 см, жировые отложения равны 30,0 %; через 2 месяца окружность клетки уменьшилась на 1 см, индекс тазовых конечностей на 0,5 см, жировые отложения 29,8 %; через 3 месяца окружность клетки уменьшилась на 2 см, индекс тазовых конечностей на 1 см, жировые отложения 27,8 %; через 4 месяца окружность клетки уменьшилась на 2,5 см, индекс тазовых конечностей на 1,2 см, жировые отложения 21,9 %; через 5 месяцев окружность клетки уменьшилась на 3 см, индекс тазовых конечностей на 1,4 см, жировые отложения 19,9 %; через 6 месяцев окружность клетки уменьшилась на 4 см, индекс тазовых конечностей на 1,5 см, жировые отложения 14,9 %.

Определение кондиции тела по 9 балльной системе BSC у собак 1 группы, через 1 месяц кондиция тела оценивалась в 8/9 баллов, через 2 месяца 8/9 баллов, через 3 месяца 7/9 баллов, через 4 месяца 7/9 баллов, через 5 месяцев 6/9 баллов, через 6 месяцев кондиция тела 5/9 баллов.

При применении сухого корма Alleva equilibrium и лакомств в виде отварной курицы и псиллиум, с применением физической активности в виде пешой прогулка 30 минут утром и вечером 1 час игр в вольере, у 5 собак 2 группы, через 1 месяц вес снизился в среднем на 100—150 г, через 2 месяца на 200—300 г, через 3 месяца на 400—500 г, через 4 месяца на 700—800 г, через 5 месяцев на 1 кг и через 6 месяцев в среднем на 1,5 кг, (рис. 8).

Окружность грудной клетки через 1 месяц у собак 2 группы уменьшилась на 0,1 см, а индекс тазовых конечностей на 0,18 см, жировые отложения равны 31 %; через 2 месяца окружность клетки уменьшилась на 0,5 см, индекс тазовых конечностей на 0,3 см, жировые отложения 30,1 %; через 3 месяца окружность клетки уменьшилась на 1 см, индекс тазовых конечностей на 0,5 см, жировые отложения 28,8 %; через 4 месяца окружность клетки уменьшилась на 1,5 см, индекс тазовых конечностей на 1 см, жировые отложения 26,9 %; через 5 месяцев окружность клетки уменьшилась на 2 см, индекс тазовых конечностей на 1,1 см, жировые отложения 21,9 %; через 6 месяцев окружность клетки уменьшилась на 2,5 см, индекс тазовых конечностей на 1,3 см, жировые отложения 19,9 %.

Определение кондиции тела по 9 балльной системе BSC у собак 2 группы, через 1 месяц кондиция тела оценивалась в 8/9 баллов, через 2 месяца 8/9 баллов, через 3 месяца 8/9 баллов, через 4 месяца 7/9 баллов, через 5 месяцев 7/9 баллов и через 6 месяцев кондиция тела 7/9 баллов.

При применении сухого корма Hills Metabolic и лакомств в виде отварного филе индейки, с применением физической активности в виде игр с мышкой по 10 минут 3 раза в день, у 5 кошек 3 группы через 3 месяца вес снизился в среднем на 400—600 г, через 6 месяцев на 800 г, через 9 месяцев на 1,4 кг, через 12 месяцев вес снизился в среднем на 2 кг, (рис. 9).

Окружность грудной клетки через 3 месяца у кошек 3 группы уменьшилась на 0,5 см, а индекс тазовых конечностей на 0,3 см, жировые отложения равны 26 %; через 6 месяцев окружность клетки уменьшилась на 1 см, индекс тазовых конечностей на 0,5 см, жировые отложения 22,8 %; через 9 месяцев окружность клетки уменьшилась на 2 см, индекс тазовых конечностей на 1 см, жировые отложения 18,8 %; через 12 месяцев окружность клетки уменьшилась на 3 см, индекс тазовых конечностей на 1 см, жировые отложения 14,9 %.

Определение кондиции тела по 9 балльной системе BSC у кошек 3 группы, через 3 месяца

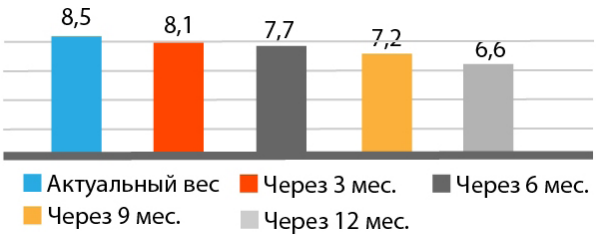


Рисунок 9 *— Снижение массы тела кошек 3 группы, кг.*
Figure 9 *— Weight loss in cats of group 3, kg.*

кондиция тела оценивалась в 9/9 баллов, через 6 месяцев 8/9 баллов, через 9 месяцев 7/9 баллов и через 12 месяцев кондиция тела 6/9 баллов.

Применение сухого корма Alleva equilibrium, лакомства творог 5 % и псиллиум, с применением физической активности в виде игр с указкой по 3 минуты 2 раза в день и поднимание по лестнице 1 раз в день по 5 минут, у 5 кошек 4 группы через 3 месяца вес снизился в среднем на 300—400 г, через 6 месяцев на 600—700 г, через 9 месяцев на 1,1—1,4 кг и через 12 месяцев вес снизился на 1,6—1,8 кг.

Окружность грудной клетки через 3 месяца у кошек 4 группы уменьшилась на 0,3 см, а индекс тазовых конечностей на 0,2 см, жировые отложения равны 27 %; через 6 месяцев окружность клетки уменьшилась на 0,7 см, индекс тазовых конечностей на 0,4 см, жировые отложения 25,8 %; через 9 месяцев окружность клетки уменьшилась на 1,5 см, индекс тазовых конечностей на 0,9 см, жировые отложения 21,7 %; через 12 месяцев окружность клетки уменьшилась на 2,1 см, индекс тазовых конечностей на 1,3 см, жировые отложения 18,9 %.

Определение кондиции тела по 9 балльной системе BSC у кошек 4 группы через 3 месяца кондиция тела оценивалась в 9/9 баллов, через 6 месяцев 8/9 баллов, через 9 месяцев 8/9 баллов и через 12 месяцев кондиция тела 7/9 баллов.

По результатам наблюдения за пациентами после проведения диетотерапии у собак в течение 6 месяцев и у кошек в течение года, с последующим рациональным кормлением, с ограниченным количеством лакомств и использованием физической нагрузки, животные сохраняли приобретенную в процессе диетотерапии кондицию тела.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION. Таким образом:

1. За период проведения исследований в клинику поступило 11764 животных, из них ожирение было диагностировано у 4074 (34,6 %) животных, в т.ч. у 2319 кошек и 1755 собак (56,9 и 43,1 % случаев соответственно). Установлено, что основной причиной избыточной массы тела — бесконтрольное кормление (73,4 % случаев). У кастрированных собак и кошек старше 3—5 лет ожирение встречалось чаще (4,5 %). Значительный риск набора веса был отмечен у собак породы лабрадор (44,9 % случаев), у кошек — шотландской и британской пород — 34,6 и 32,1 %, соответственно.

2. Из сопутствующих заболеваний, связанных с ожирением, лидирующее место заняли патологии пищеварительной системы (42,4 %), реже встречались заболевания мочевыделительной, сердечно-сосудистой систем и опорно-двигательного аппарата (20,2; 10,1 и 9,8 %, соответственно). 3. Более высокая терапевтическая эффективность установлена при использовании 1-й схемы лечения: собаки через 6 месяцев похудели в среднем на 2,5—3 кг (16,2 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 13 см, а индекс тазовых конечностей на 6 см, жировые отложения равны 14,9%, кондиция тела 5/9 баллов. Кошки похудели в среднем на 2 кг (23,5 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 7 см, а индекс тазовых конечностей на 3 см, жировые отложения оценивались в 14,9 %, кондиция тела 6/9 баллов. При применении 2-й схемы лечения собаки через 6 месяцев похудели в среднем на 1,5 кг (6,9 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 8 см, а индекс тазовых конечностей на 4,5 см, жировые отложения равны 19,8 %, кондиция тела 7/9 баллов. Кошки похудели в среднем на 1,6—1,8 кг (18,6 %), окружность грудной клетки уменьшилась на 5 см, а индекс тазовых конечностей на 3 см, жировые отложения оценивались в 18,9%, кондиция тела 7/9 баллов.

DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC MEASURES FOR THE OBESITY OF SMALL PETS

Pautova V. V.[1] — postgraduate student of the Department of Morphology, Physiology and General Pathology (ORCID 0009-0005-2832-4335); **Skosyrskikh L. N.[1]** — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Non-Infectious Diseases (ORCID 0000-0001-6208-6565); **Sidorova K. A.[1]** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and General Pathology (ORCID 0000-0001-6912-7454); **Dragich O. A.[1,2]** — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Morphology, Physiology and General Pathology, Professor of the Department of Physical Culture and Sports (ORCID 0000-0002-1086-5687); **Kalashnikova M. V.[1]** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Morphology, Physiology and General Pathology (ORCID 0009-0000-9742-2397); **Shchipakin M. V.[3]** – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Anatomy (ORCID 0000-0002-2960-3222).

[1]Tyumen State University.

[2]Tyumen Industrial University.

[3]Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine.

*k.a.sidorova@utmn.ru.

ABSTRACT. *For animals, obesity is a real and growing threat, about 40—59 % of domestic dogs are overweight, and similar statistics are observed in domestic cats. These numbers have increased in recent years, and practicing veterinarians confidently assert that obesity is an increasingly serious problem among their patients. The aim of the work is to analyze the clinical manifestations, diagnostic and therapeutic measures for obese dogs and cats. The research work was carried out at the Department of Internal Non-infectious Diseases*

of farm animals and the veterinary clinic of the Northern Trans-Urals State Agrarian University. During the research period, 11,764 animals were admitted to the clinic, of which 4,074 (34,6 %) animals were diagnosed with obesity, including 2,319 cats and 1,755 dogs (56,9 and 43,1 % of cases, respectively). Uncontrolled feeding was found to be the main cause of overweight (73,4 % of cases). A significant risk of weight gain was noted in Labrador dogs (44,9 % of cases), in Scottish and British cats (34,6 % and 32,1 %, respectively). Of the concomitant diseases associated with obesity, pathologies of the digestive system took the leading place (42,4 %), diseases of the urinary, cardiovascular, and musculoskeletal systems were less common (20,2 %, 10,1 %, and 9,8 %, respectively). Higher therapeutic efficacy was established when using the 1st treatment regimen: dogs lost an average of 2,5—3 kg (16,2 %) after 6 months, chest circumference decreased by 13 cm, and pelvic limb index by 6 cm, body fat, respectively, by 14,9 %, body condition 5/9 points. The cats lost an average of 2 kg (23,5 %), the chest circumference decreased by 7 cm, and the pelvic limb index by 3 cm, body fat was estimated at 14,9 %, and body condition was 6/9 points. When applying the 2nd treatment regimen, dogs lost an average of 1,5 kg (6,9 %) after 6 months, the chest circumference decreased by 8 cm, and the pelvic limb index by 4,5 cm, body fat was 19,8 %, and body condition was 7/9 points. The cats lost an average of 1,6—1,8 kg (18,6 %), chest circumference decreased by 5 cm, and pelvic limb index by 3 cm, body fat was estimated at 18,9 %, body condition 7/9 points.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Буйносова, А. А. Мониторинг терапевтических мероприятий у гериатрических пациентов клиники «Ветком» / А. А. Буйносова, К. А. Сидорова // Аграрная наука в контексте времени: Сборник трудов LX межд. научно-практ. конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2025 года. — Тюмень: Гос. агр. университет Северного Зауралья, 2025. — С. 79—82.

2. Сычевская, А. С. Анализ распространения аномалий тазобедренного сустава у собак / А. С. Сычевская, Я. А. Кабицкая // Аграрная наука в контексте времени: Сборник трудов LX межд. научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2025 года. — Тюмень: Гос. аграрный университет Северного Зауралья, 2025. — С. 81—85.

3. Захарова, К. В. Состояние организма ездовых собак при использовании энергетических добавок / К. В. Захарова, В. В. Паутова // Аграрная наука в контексте времени: Сб. трудов LX межд. научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2025 года. — Тюмень: Гос. агр. университет Северного Зауралья, 2025. — С. 83—90.

4. Захарова, К. В. Физиологические основы питания спортивных собак / К. В. Захарова, К. А. Сидорова // Актуальные вопросы современной морфологии, физиологии и патологии: Сборник трудов национальной (всероссийской) конференции, посвященной 65-летию кафедры анатомии и физиологии, Тюмень, 14—15 ноября 2024 года. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. — С. 78—84.

5. К вопросу о диагностических мероприятиях при патологиях пищеварительной системы / О. А. Бучельникова, К. А. Сидорова и др. // Евразийское пространство: экономика, право, общество. — 2024. — № 3. — С. 100—103.

6. Драгич, О. А. Безопасность продуктов биологического происхождения: Учебник / О. А. Драгич, Н. А. Черемениа, К. А. Сидорова. — Тюмень: Гос. агр. университет Северного Зауралья, 2023. — 184 с. — ISBN 978–5–98346–150–5.

7. Смолин, С. Г. Физиология и этология животных: учебное пособие для вузов / С. Г. Смолин. — 4-е издание, стереотипное. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 628 с. — ISBN 978–5–507–47087–7.

8. Паутова, В. В. Диагностические и лечебные мероприятия при ожирении собак / В. В. Паутова, К. А. Сидорова // Аграрная наука в АПК: от идей к внедрению: Сб. трудов межд. научно—практической конференции,

REFERENCES

1. Buinosova, A. A. Monitoring of therapeutic measures in geriatric patients of the Vetkom clinic / A. A. Buinosova, K. A. Sidorova // Agrarian science in the context of time: Proceedings of the LX International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 12, 2025. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2025, pp. 79—82.

2. Sychevskaya, A. S. Analysis of the spread of hip joint anomalies in dogs / A. S. Sychevskaya, Ya. A. Kabitskaya // Agrarian science in the context of time: Proceedings of the LX international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 12, 2025. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2025, pp. 81—85.

3. Zakharova, K. V. The state of the sled dog body when using energy supplements / K. V. Zakharova, V. V. Pautova // Agrarian science in the context of time: Proceedings of the LX International Scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 12, 2025. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2025, pp. 83—90.

4. Zakharova, K. V. The physiological basis of nutrition of sports dogs / K. V. Zakharova, K. A. Sidorova // Current issues of modern morphology, physiology and pathology: Proceedings of the national (All—Russian) conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Anatomy and Physiology, Tyumen, November 14—15, 2024. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2024, pp. 78—84.

5. On the issue of diagnostic measures for pathologies of the digestive system / O. A. Buchelnikova, K. A. Sidorova, O. A. Dragich, E. A. Levenskikh // Eurasian space: economics, law, society. — 2024. — No. 3. — pp. 100—103.

6. Dragich, O. A. Safety of products of biological origin: Textbook / O. A. Dragich, N. A. Cheremenina, K. A. Sidorova. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2023. 184 p. ISBN 978-5-98346-150-5.

7. Smolin, S. G. Physiology and ethology of animals: a textbook for universities / S. G. Smolin. — 4th edition, stereotypical. — Saint Petersburg: Lan, 2023. — 628 p. — ISBN 978–5–507–47087–7.

8. Pautova, V. V. Diagnostic and therapeutic measures for dog obesity / V. V. Pautova, K. A. Sidorova // Agrarian science in agriculture: from ideas to implementation: Proceedings of the international scientific and practical

Тюмень, 08—09 ноября 2023 года. — Тюмень: Гос. аграрный университет Северного Зауралья, 2023. — С. 116—122.

9. Мингес, Р. Э. Ожирение у собак и кошек / Р. Э. Менкес; пер. с англ. О. С. Артюхиной; ред. Е. А. Полякова, Л. В. Николаева. — Москва: Аквариум-Принт, 2020. — 136 с. — (Практика ветеринарного врача). — ISBN 978-5-4238-0365-0.

10. Грачева, О. А. Диетология животных. Терминологический справочник: Учебное пособие для вузов / О. А. Грачева, Д. М. Мухутдинова, З. М. Зухрабова. — Санкт—Петербург: Издательство «Лань», 2023. — 72 с. — (Высшее образование). — ISBN 978–5–507–46120–2.

conference, Tyumen, 08—09 November 2023. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, 2023, pp. 116—122.

9. Minges, R. E. Obesity in dogs and cats / R. E. Menkes; translated from English by O. S. Artyukhina; edited by E. A. Polyakov, L. V. Nikolaeva. — Moscow: Aquarium-Print, 2020. — 136 p. — (Practice of a veterinarian). — ISBN 978-5-4238-0365-0.

10. Gracheva, O. A. Animal nutrition. Terminological reference book: A textbook for universities / O. A. Gracheva, D. M. Mukhutdinova, Z. M. Zukhrabova. Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2023. 72 p. (Higher education). — ISBN 978–5–507–46120–2.

УДК: 619:575:636:001.608.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.2.374

ГЕНОМНАЯ АРХИТЕКТУРА НАСЛЕДСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ МЯСНОГО СКОТА: ОТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИАГНОСТИКИ К ИННОВАЦИОННЫМ ПОДХОДАМ ТЕРАПИИ (ОБЗОР)

Безбородова Н. А. — канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0000-0003-2793-5001); **Соколова О. В.** — д-р ветеринар. наук, вед. науч. сотр. отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0000-0002-1169-4090); **Зайцева О. С.** — канд. ветеринар. наук, ст. науч. сотр. отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0000-0003-0005-2161); **Мартынов Н. А.** — лаборант отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0000-0001-9251-0056); **Зверев А. В.** — лаборант-исследователь отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0009-0009-9408-8106); **Печёнкина М. А.** — лаборант отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0009-0002-1561-5553); **Кулагина П. В.*** — лаборант отдела геномных исследований и селекции животных (ORCID 0009-0007-4919-698X).

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН».

*plnkulagina@gmail.com.

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, мясные породы, наследственные аномалии, гипотрихоз, дилютор, мандибулофациальная дисплазия, болезнь кленового сиропа (MSUD), геномная селекция, генная терапия, редактирование генома.*

Key words: *cattle, beef breeds, hereditary anomalies, hypotrichosis, dilutor, mandibulofacial dysplasia, maple syrup urine disease (MSUD), genomic selection, gene therapy, genome editing.*

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0532–2025-0003 «Разработка высокоточных методов идентификации генетических детерминант устойчивости к заболеваниям для использования в селекции крупного рогатого скота».*

Поступила в редакцию / Received: 25.12.2026
Одобрена после рецензирования / Revised: 11.06.2026
Принята к печати / Accepted: 25.06.2026

РЕФЕРАТ. *В обзорной статье представлен комплексный анализ современных данных о наследственных аномалиях у мясных пород крупного рогатого скота, включая гипотрихоз (HY), дилютор (DL), идиопатическую эпилепсию (IE), деформацию нижней челюсти (MD) и болезнь кленового сиропа (MSUD). Актуальность темы обусловлена снижением репродуктивных показателей в скотоводстве, накоплением инбредной депрессии и экономическим ущербом от наследственных патологий. Обобщены результаты геномных исследований, выявившие ключевые мутации (в генах KRT71, PMEL, CYP26C1, BCKDHA/BCKDHB) и их плейотропные эффекты, влияющие на фенотип и продуктивные качества. Показано, что молекулярные механизмы аномалий варьируют от простых делеций до нарушений ферментативных систем и сигнальных путей эмбриогенеза. Особое внимание уделено феномену антагонистической плейотропии, создающему дилемму для селекционеров. На основе сравнительно-географического анализа установлены значительные межпопуляционные вариации частот нежелательных аллелей, связанные с интенсивностью селекции и эффектом «основателя». На примере MSUD рассмотрены перспективные стратегии терапии: от метаболического контроля до генной терапии на основе AAV-векторов и редактирования оснований (ABE8e) в органоидных моделях. Подчёркнута общность молекулярных механизмов наследственных заболеваний у человека и животных, что открывает возможности для трансляционных исследований. Отмечена целесообразность внедрения программ неонатального скрининга в племенном животноводстве по аналогии с медицинской практикой. Сформулированы рекомендации по построению системы управления генетическим здоровьем в мясном скотоводстве, основанной на обязательном ДНК-тестировании, контроле инбридинга, учёте плейотропных эффектов и интеграции биотехнологий. Работа представляет интерес для специалистов в области ветеринарной генетики, селекции и биотехнологии.*

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION. В ряде популяций крупного рогатого скота отмечается тенденция к снижению репродуктивных показателей, что в определённых хозяйственных условиях может оказывать негативное влияние на экономическую эффективность отрасли. Данная проблема затрагивает как молочное, так и мясное скотоводство и требует комплексного научного анализа. Основными факторами сложившейся ситуации являются: накопление инбредной депрессии в результате использования ограниченного пула производителей, распространение наследственных аномалий, влияющих на репродуктивные функции, а также (в некоторых случаях, встречающихся в практи-

ке) негативные генетические корреляции между селекционируемыми признаками и показателями фертильности [1—3].

Современная селекционная практика демонстрирует переход к сбалансированным программам отбора, учитывающим как продуктивные, так и репродуктивные характеристики. Развитие молекулярно-генетических технологий (высокоплотное генотипирование, полногеномный анализ) создает научную основу для мониторинга наследственных аномалий и управления генетическим грузом в популяциях [3—5].

Актуальность проблемы усиливается в условиях глобализации рынка племенных ресурсов, требующей разработки эффективных систем генетического мониторинга и гармонизации селекционных программ на международном уровне.

Цель работы — проведение комплексного сравнительного литературного анализа распространённости, молекулярно-генетических механизмов и селекционно-хозяйственного значения основных наследственных аномалий у мясных пород крупного рогатого скота с оценкой географических особенностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ/ MATERIALS AND METHODS. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России «Разработка высокоточных методов идентификации генетических детерминант устойчивости к заболеваниям для использования в селекции крупного рогатого скота» (0532-2025-0003).

Для проведения работы использовались методы систематического анализа научной литературы из баз данных (PubMed, Scopus, Web of Science) за период 2010—2025 гг., сравнительно-географического анализа данных о распространённости аномалий, обобщения сведений о молекулярно-генетических механизмах (ключевых мутациях и патогенезе), а также оценки их влияния на продуктивные признаки и экономику животноводства.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS. В рамках настоящего исследования были отобраны наследственные аномалии с подтвержденной молекулярно-генетической этиологией, на основании их высокой клинической и экономической значимости для мясного скотоводства, а также актуальности для разработки стратегий ДНК-диагностики и селекционной защиты стад сельскохозяйственных животных.

Гипотрихоз (Hypotrichosis, HY) представляет собой наследственное заболевание, характеризующееся аномалиями развития шерстного покрова. Молекулярные механизмы развития гипотрихоза связаны с мутациями в нескольких генах, включая *MC1R, PMEL* и *KRT71*. Основной причиной является делеция 8 пар оснований в экзоне 1 гена *KRT71*, кодирующего кератин 71 — структурный белок волосяного фолликула. Заболевание наследуется по аутосомно-рецессивному типу, при этом гомозиготные животные демонстрируют частичное или полное отсутствие шерсти, что приводит к повышенной чувствительности к холодовому стрессу и высокой смертности новорожденных телят [5—7]. Генетический мониторинг российских популяций абердин-ангусской породы (n=1948) за период 2017—2022 гг. выявил низкую частоту встречаемости аллеля гипотрихоза (HY) — 0,02 %, что свидетельствует об эффективности селекционного контроля, но одновременно подтверждает наличие и потенциальный риск циркуляции данного летального аллеля в генофонде, обосновывая необходимость продолжения системного ДНК-тестирования племенного скота [4].

Дилютор (Dilutor, DL), характеризующийся ослаблением пигментации шерсти и кожи, ассоциирован с мутациями в генах *PMEL, MITF, TYRP1* и *ASIP*. Наиболее значимой является делеция TGG (p. Leu18del) в гене *PMEL*, приводящая к нарушению формирования меланосом. В серии исследований установлен значительный плейотропный эффект гена *PMEL* у мясных пород КРС. У японского бурого скота (n=522) делеция p. Leu18del с частотой 34,2 % не только определяет осветлённый окрас, но и достоверно улучшает ключевые показатели качества мяса (мраморность, цветность, плотность), демонстрируя ценность для селекции. В породе Реджана (n=1776) выявлен комплекс генов (*PMEL, EDN3, MC1R, KIT, NCAPG–LCORL*), контролирующих окрас, рост и другие признаки, что подчёркивает ценность геномных методов для селекции локальных пород. GWAS-анализ у симментал-голштинского скота подтвердил влияние *PMEL* на рост: гетерозиготные (серо-белые) телята имели достоверно более высокий вес при рождении (42,58±3,09 кг) по сравнению с гомозиготными (чёрно-белыми) [9—12].

Идиопатическая эпилепсия (Idiopathic Epilepsy, IE) представляет собой группу наследственных неврологических расстройств, характеризующихся спонтанными рецидивирующими припадками. Ключевым кандидатным геном, ассоциированным с данным фенотипом, является *DYRK1B*. Этот ген кодирует киназу, играющую критическую роль в репарации двуцепочечных разрывов рибосомальной ДНК (рДНК) и поддержании стабильности генома. Дисфункция данного механизма в долгоживущих постмитотических нейронах приводит к их потере и нарушению формирования нейронных сетей, что клинически проявляется в виде судорожных приступов и моторных нарушений [13, 14]. Несмотря на установленную генетическую природу IE и её описание у других видов животных, на текущий момент в мировой научной литературе отсутствуют подтверждённые сообщения о случаях идиопатической эпилепсии, вызванной мутациями в гене *DYRK1B*, именно у крупного рогатого скота герефордской породы. Это указывает на необходимость целенаправленных генетических исследований для выявления потенциальных породо-специфичных мутаций или подтверждения отсутствия данного конкретного аллеля в генофонде герефордов.

Деформация нижней челюсти (Mandibulofacial dysostosis, MD) у крупного рогатого скота герефордской породы представляет собой наследственное врождённое заболевание, этиологически связанное с рецессивной миссенс-мутацией в гене *CYP26C1*, кодирующем фермент цитохром P450 26C1. Мутация L188P приводит к замене консервативного лейцина на пролин в α-спиральном домене белка, что вызывает структурное нарушение активного сайта и потерю каталитической функции фермента. *CYP26C1* играет ключевую роль в тканеспецифичном катаболизме ретиноевой кислоты (Retinoic acid, RA) — критического морфогена в эмбриогенезе [15, 16]. Дисфункция фермента приводит к локальному избытку RA в области первой глоточной дуги, что нарушает сигнальный путь эндотелина-1 и последующую экспрессию генов семейства Dlx, регулирующих развитие мезенхимальных производных дуги, в частности хряща Меккеля — зачатка нижней челюсти. Заболевание характеризуется тяжёлыми аномалиями краниофациального развития, включающими гипоплазию и деформацию нижней (мандибулы) и верхней челюстей, а также других костных структур лицевого черепа [16].

Мандибулофациальная дисплазия у герефордов была зарегистрирована в Ирландии (2014—2023 гг.) как наглядный пример редкого наследственного дефекта. Эти случаи иллюстрируют последствия инбридинга и ограниченного генофонда в современном животноводстве, ведущие к накоплению и проявлению нежелательных рецессивных аллелей [15].

В исследовании Sieck R. L. и соавторов (2020) деформация нижней челюсти была диагностирован у шести телят герефордской породы. Фенотип характеризовался гипоплазией и асимметрией нижней челюсти, а также наличием билатеральных околощечных кожных выростов. Генеалогический анализ подтвердил наличие общего предка для всех исследованных особей. Путём полногеномного секвенирования у 20 животных установлена этиологическая роль миссенс-мутации p.L188P в гене *CYP26C1*. Результаты валидации, проведённой на двух дополнительных телятах, 760 герефордах и данных более чем 2500 полногеномных профилей, показали, что заболевание проявляется исключительно у гомозигот по данному варианту, при этом все гетерозиготные носители происходят от одного быка-производителя [16].

Этиологической основой болезни кленового сиропа (Maple Syrup Urine Disease, MSUD) у герефордского скота является однонуклеотидный полиморфизм 248C>T в лидерной последовательности гена *BCKDHA*. Данная замена нуклеотида приводит к образованию преждевременного стоп-кодона в участке, кодирующем лидерный пептид альфа-субъединицы E1 ключевого фермента метаболизма аминокислот с разветвлённой цепью — 2-кетоациддегидрогеназы (branched-chain α-ketoacid dehydrogenase complex, BCKDH). Следствием мутации является абортивная трансляция, практически полное отсутствие функционального ферментативного комплекса и значительное снижение стабильности, соответствующей матричной РНК (мРНК). Это подтверждается данными вестерн-блоттинга, демонстрирующими отсутствие белка компонента E1 в фибробластах поражённых телят, и результатами анализа мРНК, выявляющими её следовые количества [17].

Клинико-патологическая картина заболевания характеризуется неонатальным летальным исходом (тип I). Поражённые телята могут рождаться мёртвыми; особи, родившиеся живыми, фенотипически неотличимы от здоровых в первые часы жизни, однако в течение 24 часов у них манифестируют тяжёлые неврологические нарушения. Состояние прогрессирует с развитием атаксии, потерей способности к стоянию и движению и завершается гибелью в течение 96 часов после рождения. Патогномоничным диагностическим признаком является выделение мочи со сладким запахом, напоминающим запах кленового сиропа [17, 18].

В рамках исследования, направленного на разработку ДНК-тестов и мониторинг частот генетических дефектов у мясных пород крупного рогатого скота в Российской Федерации, была обследована популяция герефордов. Генотипирование 385 животных подтвердило циркуляцию рецессивного аллеля MSUD в российских стадах. Анализ выявил единичных животных-носителей. В одной из исследуемых субпопуляций (нетели генерации 2017 года) частота носительства составила 1,08 %. Средняя расчётная частота носительства мутантного аллеля по всем обследованным группам герефордов в России составила 0,27 % ±0,05 %. Полученные данные свидетельствуют о наличии и необходимости учёта данного рецессивного летального аллеля в селекционно-племенной работе с герефордской породой в стране [17, 19].

В исследовании Wang J. с соавторами (2025) впервые продемонстрирована эффективность генной терапии с использованием рекомбинантного аденоассоциированного вируса серотипа 9 (rAAV9), коэкспрессирующего гены *BCKDHA* и *BCKDHB*. Неонатальное системное введение вектора не только предотвратило летальный исход и нормализовало биохимические параметры (уровень BCAA) у мышей с нокаутом соответствующих генов, но и привело к стойкой метаболической коррекции у телёнка герефордской породы, гомозиготного по мутации *BCKDHA* c.248C>T [18].

Для изучения болезни MSUD Zhang H. с коллегами (2025) создали печёночные органоиды из стволовых клеток пациента с мутацией c.965C>T в гене *BCKDHB*. Эти мини-органы воспроизводили ключевой дефект: снижение уровня фермента и повышение BCAAs. Для лечения применили редактор оснований ABE8e — точный инструмент для «исправления» ДНК. Метод успешно обратил патогенную мутацию в здоровую версию гена. Впервые продемонстрирована возможность пол-

ного исправления генетической причины MSUD в человеческой клеточной модели с помощью точного редактирования оснований, что открывает путь для разработки персонализированных методов терапии [20].

Pontoizeau C. с соавторами (2024) в своей работе представили ключевые результаты исследования по генной терапии MSUD, нацеленной на ген *BCKDHB*. Исследователями впервые создана и охарактеризована модель с нокаутом гена *BCKDHB*, полностью воспроизводящая тяжёлый неонатальный фенотип MSUD с летальным исходом у лабораторных мышей. Неонатальное системное введение вектора AAV8, несущего терапевтический ген *BCKDHB* человека, привело к нормализации биохимических параметров у лабораторных животных и подтвердило принципиальную возможность эффективной генной терапии для всех трёх основных генов, вовлечённых в развитие болезни [21].

В клинической практике Китая зарегистрирован случай неонатальной MSUD, ассоциированный с двумя новыми фреймшифтными мутациями в гене BCKDHB: c.90_91insCTGGCGCGGG (p.Phe35TrpfsTer41) и c.80_90del (p.Ala32PhefsTer48). Ретроспективный анализ 52 описанных случаев выявил преобладание классического тяжёлого фенотипа с характерными симптомами: угнетение ЦНС (96,2 %), судороги (55,7%), респираторный дистресс (25,0 %) и патогномоничный запах мочи (40,3 %). Отмечался выраженный метаболический кризис, о чём свидетельствует повышенный уровень аммиака в крови (127,2±75,0 мкмоль/л). Генетический спектр среди 18 типированных пациентов распределился следующим образом: мутации в BCKDHA (50 %), BCKDHB (33,3 %) и DBT (11,1 %). Терапия в основном заключалась в консервативном метаболическом контроле (ограничение белка — 96,2 %, L-карнитин, тиамин), в то время как методы экстракорпорального очищения крови применялись редко (3,8 %). Несмотря на лечение, летальность оставалась высокой — 36,5 %, а улучшение состояния достигнуто лишь у 40,4 % пациентов. Полученные данные подчёркивают необходимость внедрения программ массового неонатального скрининга на MSUD в регионе [22].

ВЫВОДЫ И ОБСУЖДЕНИЯ / CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS. Результаты исследований различных пород, от локальных до широко распространённых, подтверждают ценность геномных методов для идентификации генетических основ ключевых признаков. Интеграция данных ДНК-тестирования, анализа родословных и оценки хозяйственно полезных свойств позволяет перейти к более точному и прогнозируемому управлению селекционным процессом.

Плейотропные эффекты, выявленные для ряда генов (в том числе *PMEL*), требуют взвешенного подхода при селекции. Так, у герефордской породы стандартом закреплён тёмно-красный окрас с белыми отметинами, и любое отклонение (в частности, осветление, ассоциированное с аллелем del гена *PMEL*) снижает племенную ценность животных. В то же время данный аллель может улучшать мясные качества. Сбалансированным решением в подобных случаях является применение селекционных индексов, интегрирующих данные о продуктивности и генетических рисках [10].

Метаанализ клинических случаев MSUD у человека и данных по крупному рогатому скоту демонстрирует общность проблемы для видов с высокой генетической нагрузкой. Успехи генной терапии и редактирования генома, продемонстрированные на моделях MSUD, имеют трансляционный потенциал не только для медицины, но и для ветеринарии, указывая на возможность перехода от паллиативного контроля к этиотропному лечению наследственных болезней [17, 21, 22].

Таким образом, стратегия управления генетическим здоровьем стад мясных пород должна быть комплексной и включать: обязательное ДНК-тестирование на основные наследственные аномалии; биоинформатический анализ родословных для контроля уровня инбридинга; интеграцию данных о плейотропных эффектах ключевых генов в программы селекции; мониторинг и адаптацию передовых биотехнологий для потенциальной терапии наследственных заболеваний. Такой подход позволит обеспечить устойчивое и продуктивное развитие отрасли.

GENOMIC ARCHITECTURE OF HEREDITARY DEFECTS IN BEEF CATTLE POPULATIONS: FROM MOLECULAR DIAGNOSTICS TO INNOVATIVE THERAPY APPROACHES (REVIEW)

Bezborodova N. A. — Candidate of Vet. Sciences, Senior Researcher, Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0000-0003-2793-5001); **Sokolova O. V.** — Doctor of Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0000-0002-1169-4090); **Zaitseva O. S.** — Candidate of Vet. Sciences, Senior Researcher of the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0000-0003-0005-2161); Martynov N. A. — Laboratory Assistant at the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0000-0001-9251-0056); **Zverev A. V.** — Laboratory Assistant at the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0009-0009-9408-8106); **Pechenkina M. A.** — Laboratory Assistant at the Department of Genomic Research and Animal Breeding (ORCID 0009-0002-1561-5553); **Kulagina P. V.*** — Laboratory Assistant at the Department of Genomic

Research and Animal Breeding (ORCID 0000-0001-9251-0056).

[1] Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

*plnkulagina@gmail.com.

Funding: this work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 0532–2025-0003 «Development of high-precision methods for identifying genetic determinants of disease resistance for use in cattle breeding».

ABSTRACT. *The review article presents a comprehensive analysis of current data on hereditary anomalies in beef cattle breeds, including hypotrichosis (HY), dilutor (DL), idiopathic epilepsy (IE), mandibulofacial dysplasia (MD), and maple syrup urine disease (MSUD). The results of genomic studies that identified key mutations (in the KRT71, PMEL, CYP26C1, BCKDHA/BCKDHB genes) and their pleiotropic effects, impacting both phenotype and productive qualities of the animals, are summarized. Particular attention is paid to the differences in the prevalence of genetic defects in cattle across various countries, which is associated with the intensity of selection, the level of inbreeding, and the effectiveness of genetic monitoring programs. Using the example of the genetic anomaly causing maple syrup urine disease (MSUD) in animals, promising therapeutic strategies are considered—from conservative metabolic control to innovative approaches using AAV vector-based gene therapy and in vitro base editing. The commonality of molecular mechanisms of hereditary diseases in humans and farm animals is emphasized, opening opportunities for translational research. Recommendations are formulated for building a genetic health management system in beef cattle breeding, based on mandatory DNA testing, inbreeding control, accounting for pleiotropic effects in selection, and the integration of advanced biotechnologies. The work is of interest to specialists in the field of veterinary genetics, breeding, and biotechnology.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации / И. М. Дунин, Д. В. Бутусов [и др.] // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019 год). — пос. Лесные Поляны: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», 2020. – С. 3—16.

2. Bytov M. V. Assessing the Genetic Diversity of Five Cattle Breeds Using SNP Markers Associated with Health / M. V. Bytov, V. D. Zubareva, S. V. Volskaya [et al.] // Russian Journal of Genetics. — 2024. — Vol. 60, No. 6. — P. 747—753. DOI: 10.1134/s1022795424700182.

3. Зимина А. А., Романенкова О. С. Генетические аномалии голштинизированых симменталов. В книге: Генетика, селекция, биотехнология: интеграция науки и практики в животноводстве. Материалы межд. научно-практ. конференции. Пушкин, 2021. С. 58—59.

4. Стратегии генетического улучшения крупного рогатого скота мясных пород / Е. Н. Коновалова, О. С. Романенкова, А. А. Зимина, А. А. Сермягин // Геномика животных и биотехнологии: Материалы Межд.научно-практ. конференции в рамках реализации Программы «Приоритет — 2030», Махачкала, 23 декабря 2021 года. – Махачкала: ИП «С.А. Магомедалиева», 2021. — С. 69—75.

5. Hauser M., Wolf-Hofstetter S., Acklin-Menzi F., Studer E., Rediger D., Seefried F., Drögemüller C. Graue, kraus- und kurzhaarige Schweizer Holstein Rinder weisen genetische Spuren der Rasse Simmental auf [Grey, curly and short-haired Swiss Holstein cattle show genetic traces of the Simmental breed]. Schweiz Arch Tierheilkd. 2020 Sep;162(9):551—559. DOI: 10.17236/sat00272.

6. Drögemüller, C., Philipp, U., Haase, B., Günzel-Apel, A.-R., Leeb, T. (2018). KRT71-related hypotrichosis in Dexter cattle. PLoS Genetics, 14(3), e1007287. DOI: 10.1371/journal.pgen.1007287.

7. Jacinto J. G. P., Markey A.D. et al. A *KRT71* Loss-of-Function Variant Results in Inner Root Sheath Dysplasia and Recessive Congenital Hypotrichosis of Hereford

REFERENCES

1. Dunin, I. M., Butusov, D. V., Shichkin, G. I., et al. (2020). The state of beef cattle breeding in the Russian Federation. In Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in the farms of the Russian Federation (2019) (P. 3—16). Lesnye Polyany: All-Russian Research Institute of Breeding.

2. Bytov M. V. Assessing the Genetic Diversity of Five Cattle Breeds Using SNP Markers Associated with Health / M. V. Bytov, V. D. Zubareva, S. V. Volskaya [et al.] // Russian Journal of Genetics. — 2024. — Vol. 60, No. 6. — P. 747—753. DOI: 10.1134/s1022795424700182.

3. Zimina, A. A., & Romanenkova, O. S. (2021). Genetic anomalies in Holsteinized Simmentals. In Genetics, selection, biotechnology: Integration of science and practice in animal husbandry. Proceedings of the international scientific-practical conference (pp. 58—59). Pushkin.

4. Konovalova, E. N., Romanenkova, O. S., Zimina, A. A., & Sermyagin, A. A. (2021). Strategies for genetic improvement of beef cattle breeds. In Animal genomics and biotechnology: Proceedings of the International scientific-practical conference within the framework of the «Priority-2030» program, Makhachkala, December 23, 2021 (P. 69—75). Makhachkala: S. A. Magomedalieva.

5. Hauser M., Wolf-Hofstetter S., Acklin-Menzi F., Studer E., Rediger D., Seefried F., Drögemüller C. Graue, kraus- und kurzhaarige Schweizer Holstein Rinder weisen genetische Spuren der Rasse Simmental auf [Grey, curly and short-haired Swiss Holstein cattle show genetic traces of the Simmental breed]. Schweiz Arch Tierheilkd. 2020 Sep;162(9):551—559. DOI: 10.17236/sat00272.

6. Drögemüller, C., Philipp, U., Haase, B., Günzel-Apel, A.-R., Leeb, T. (2018). KRT71-related hypotrichosis in Dexter cattle. PLoS Genetics, 14(3), e1007287. DOI: 10.1371/journal.pgen.1007287.

7. Jacinto J. G. P., Markey A.D. et al. A *KRT71* Loss-of-Function Variant Results in Inner Root Sheath Dysplasia and Recessive Congenital Hypotrichosis of Hereford

Cattle. Genes (Basel). 2021 Jul 4;12(7):1038. DOI: 10.3390/genes12071038.

8. Стратегии генетического улучшения крупного рогатого скота мясных пород / Е. Н. Коновалова, О. С. Романенкова, А. А. Зимина, А. А. Сермягин // Геномика животных и биотехнологии : Материалы Международной научно—практической конференции в рамках реализации Программы «Приоритет — 2030», Махачкала, 23 декабря 2021 года. – Махачкала: ИП «С. А. Магомедалиева», 2021. – С. 69—75.

9. Jacinto J. G. P., Markey A. D. et al. A *KRT71* Loss-of-Function Variant Results in Inner Root Sheath Dysplasia and Recessive Congenital Hypotrichosis of Hereford Cattle. Genes (Basel). 2021 Jul 4;12(7):1038. DOI: 10.3390/genes12071038.

10. Kimura, S., Hatakeyama et al. sub—breed of Japanese Brown cattle. BMC Genomics 23:694, 2022. Pubmed reference: 36207673. DOI: 10.1186/s12864-022-08916-8.

11. Bovo, S., Schiavo, G., Kazemi et al. L. :Exploiting within—breed variability in the autochthonous Reggiana breed identified several candidate genes affecting pigmentation-related traits, stature and udder defects in cattle. Anim Genet 52:579—97, 2021. Pubmed reference: 34182594. DOI: 10.1111/age.13109.

12. Wang, J., Fan, T., Du, Z., Xu, L., Chen, Y., Zhang, L., Gao, H., Li, J., Ma, Y., Gao, X. :Genome—wide association analysis identifies the PMEL gene affecting coat color and birth weight in Simmental × Holstein. Animals (Basel) 13:3821, 2023. DOI: 10.3390/ani13243821.

13. Kinsey N. Idiopathic Epilepsy Risk Allele Trends in Belgian Tervuren: A Longitudinal Genetic Analysis / N. Kinsey, J. M. Belanger, P. J. J. Mandigers [et al.] // Genes. — 2024. — Vol. 15, iss. 1. — Art. 114. DOI: 10.3390/genes15010114.

14. Charalambous M., Fischer A. et al.Translational veterinary epilepsy: A win—win situation for human and veterinary neurology. Vet J. 2023 Mar;293:105956. DOI: 10.1016/j.tvjl.2023.105956).

15. Quigley K., Mee J.F. Bovine Congenital Defects Recorded in a National Survey of Dairy and Beef Herds Over Ten Years (2014—2023). Reprod Domest Anim. 2025 May;60(5):e70067. DOI: 10.1111/rda.70067.

16. Sieck R. L., Fuller A. M. et al. Mandibulofacial Dysostosis Attributed to a Recessive Mutation of CYP26C1 in Hereford Cattle. Genes (Basel). 2020 Oct 22;11(11):1246. doi: 10.3390/genes11111246.

17. Konovalova E., Romanenkova O., Kostyunina O., Gladyr E. The Molecular Bases Study of the Inherited Diseases for the Health Maintenance of the Beef Cattle. Genes (Basel). 2021 Apr 30;12(5):678. DOI: 10.3390/genes12050678.

18. Wang J., Poskitt L. E. et al. BCKDHA—BCKDHB digenic gene therapy restores metabolic homeostasis in two mouse models and a calf with classic maple syrup urine disease. Sci Transl Med. 2025. DOI: 10.1126/scitranslmed.ads0539.

19. Konovalova E. N., Romanenkova O. S., Volkova V. V., Kostyunina O. V. DNA analysis of the Russian populations of Aberdeen Angus, Hereford and Belgian Blue cattle. Arch Anim Breed. 2020 Nov 16;63(2):409-416. DOI: 10.5194/aab-63-409-2020.

20. Zhang H., Wan Z. et al. Adenine base editing rescues disrupted BCKDH function and reduces BCAAs toxic accumulation in maple syrup urine disease patient

Cattle. Genes (Basel). 2021 Jul 4;12(7):1038. DOI: 10.3390/genes12071038.

8. Strategies for genetic improvement of beef cattle / E. N. Konovalova, O. S. Romanenkova, A. A. Zimina, A. A. Sermyagin // Animal genomics and biotechnology: Proceedings of the International scientific and practical conference within the framework of the implementation of the Priority 2030 Program, Makhachkala, December 23, 2021. — Makhachkala: IP «S. A. Magomedalieva», 2021. — P. 69—75.

9. Jacinto J. G. P., Markey A. D. et al. A *KRT71* Loss-of-Function Variant Results in Inner Root Sheath Dysplasia and Recessive Congenital Hypotrichosis of Hereford Cattle. Genes (Basel). 2021 Jul 4;12(7):1038. DOI: 10.3390/genes12071038.

10. Kimura, S., Hatakeyama et al. sub—breed of Japanese Brown cattle. BMC Genomics 23:694, 2022. Pubmed reference: 36207673. DOI: 10.1186/s12864-022-08916-8.

11. Bovo, S., Schiavo, G., Kazemi et al. L. :Exploiting within—breed variability in the autochthonous Reggiana breed identified several candidate genes affecting pigmentation-related traits, stature and udder defects in cattle. Anim Genet 52:579—97, 2021. Pubmed reference: 34182594. DOI: 10.1111/age.13109.

12. Wang, J., Fan, T., Du, Z., Xu, L., Chen, Y., Zhang, L., Gao, H., Li, J., Ma, Y., Gao, X. :Genome—wide association analysis identifies the PMEL gene affecting coat color and birth weight in Simmental × Holstein. Animals (Basel) 13:3821, 2023. DOI: 10.3390/ani13243821.

13. Kinsey N. Idiopathic Epilepsy Risk Allele Trends in Belgian Tervuren: A Longitudinal Genetic Analysis / N. Kinsey, J. M. Belanger, P. J. J. Mandigers [et al.] // Genes. — 2024. — Vol. 15, iss. 1. — Art. 114. DOI: 10.3390/genes15010114.

14. Charalambous M., Fischer A. et al.Translational veterinary epilepsy: A win—win situation for human and veterinary neurology. Vet J. 2023 Mar;293:105956. DOI: 10.1016/j.tvjl.2023.105956).

15. Quigley K., Mee J.F. Bovine Congenital Defects Recorded in a National Survey of Dairy and Beef Herds Over Ten Years (2014—2023). Reprod Domest Anim. 2025 May;60(5):e70067. DOI: 10.1111/rda.70067.

16. Sieck R. L., Fuller A. M. et al. Mandibulofacial Dysostosis Attributed to a Recessive Mutation of CYP26C1 in Hereford Cattle. Genes (Basel). 2020 Oct 22;11(11):1246. doi: 10.3390/genes11111246.

17. Konovalova E., Romanenkova O., Kostyunina O., Gladyr E. The Molecular Bases Study of the Inherited Diseases for the Health Maintenance of the Beef Cattle. Genes (Basel). 2021 Apr 30;12(5):678. DOI: 10.3390/genes12050678.

18. Wang J., Poskitt L. E. et al. BCKDHA—BCKDHB digenic gene therapy restores metabolic homeostasis in two mouse models and a calf with classic maple syrup urine disease. Sci Transl Med. 2025. DOI: 10.1126/scitranslmed.ads0539.

19. Konovalova E. N., Romanenkova O. S., Volkova V. V., Kostyunina O. V. DNA analysis of the Russian populations of Aberdeen Angus, Hereford and Belgian Blue cattle. Arch Anim Breed. 2020 Nov 16;63(2):409-416. DOI: 10.5194/aab-63-409-2020.

20. Zhang H., Wan Z. et al. Adenine base editing rescues disrupted BCKDH function and reduces BCAAs toxic accumulation in maple syrup urine disease patient

iPSC-hepatic organoids. Stem Cell Res Ther. 2025 Sep 26;16(1):512. DOI: 10.1186/s13287-025-04630-w.

21. Pontoizeau C, Gaborit C et al. Successful treatment of severe MSUD in Bckdhb-/- mice with neonatal AAV gene therapy. J Inherit Metab Dis. 2024 Jan;47(1):41—49. DOI: 10.1002/jimd.12604.

22. Jiang H. H., Guo Y. et al. Neonatal maple syrup urine disease in China: two novel mutations in the BCKDHB gene and literature review. J Pediatr Endocrinol Metab. 2021 Jun 30;34(9):1147—1156. DOI: 10.1515/jpem-2020-0746. PMID: 34187135.

iPSC-hepatic organoids. Stem Cell Res Ther. 2025 Sep 26;16(1):512. DOI: 10.1186/s13287-025-04630-w.

21. Pontoizeau C, Gaborit C et al. Successful treatment of severe MSUD in Bckdhb-/- mice with neonatal AAV gene therapy. J Inherit Metab Dis. 2024 Jan;47(1):41—49. DOI: 10.1002/jimd.12604.

22. Jiang H. H., Guo Y. et al. Neonatal maple syrup urine disease in China: two novel mutations in the BCKDHB gene and literature review. J Pediatr Endocrinol Metab. 2021 Jun 30;34(9):1147—1156. DOI: 10.1515/jpem-2020-0746. PMID: 34187135.

К 75-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА А. И. АБИЛОВА

Абилову Ахмедага Имаш оглы — заслуженному деятелю науки РФ, доктору биологических наук, профессору, главному научному сотруднику отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста исполняется в 2026 году 75 лет со дня рождения.

А. И. Абилов родился 10 июля 1951 г. в Ярдымлынском районе Азербайджанской ССР. В 1972 г. закончил с отличием ветеринарный факультет Азерб. СХА им. С. Агамалы оглы и получил специальность ветеринарного врача и был 1980 году направлен в целевую аспирантуру в ВИЖ. После успешной защиты диссертации по предложению академика В.К. Милованова остается в институте.

С 1990 по 1993 — докторант Всесоюзного научно—исследовательского института животноводства, в 2001 — и.о. заместителя директора по научно—производственной работа Всероссийского научно—исследовательского института свиноводства, с 2001 по 2002 — заместитель директора по научно—производственной работа Всероссийского научно—исследовательского института свиноводства, с 2004 по 2012 — заведующий отделом и потом заведующий лабораторией биологии воспроизводства и трансплантации эмбрионов сельскохозяйственных животных Государственного научного учреждения «Всероссийский научно—исследовательский институт животноводства Российской академии наук», в настоящее время работает в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в должности главного научного сотрудника отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных.

В 1984 г. А. И. Абилов защитил кандидатскую, в 1991 получил аттестат старшего научного сотрудника, в 1996 г. — докторскую диссертации, в 2007 г. присвоено ученое звание профессора.

Абилов Ахмед Имаш оглы — специалист в области биологии воспроизведения и искусственного осеменения сельскохозяйственных животных. Основная научная деятельность посвящена изучению биологии воспроизведения и искусственного осеменения крупного рогатого скота, в частности технологии замораживания, использования спермы племенных быков-производителей, модернизации искусственного осеменения, вопросы вторичного иммунодефицита, аутоиммунность иммунологии бесплодия, причины его возникновения, методы выявления и способы устранения и т.д.; отдаленная гибридизация КРС с зубром и зебу. В первые в мире Абиловым А. И. разработан метод получения, оценки, замораживания, оттаивания и использования эпидидимального содержимого диких животных (зубр и пятнистый олень) в постмортальном периоде и их использование в отдаленной гибридизации (зубр с КРС). Получены и изучены гибриды зубр х КРС I, II и III поколений. Абилов А.И. изучал влияние атмосферных катаклизмов продолжительного периода (температурные аномалии и высокое атмосферное давление) на воспроизводительные способности быков-производителей и результативность осеменения коров и телок; различные стресс-факторы и их влияние на воспроизводство КРС, эндогенные гормоны, и их взаимосвязь с спермопродукцией, аутоиммунностью, адаптационной способностью, биохимическим статусом быков-производителей и результативностью искусственного осеменения, использование разделенного по полу семени в молочном животноводстве разных поколений, роль кортизола в воспроизводстве и т.д.).

Ахмед Имаш оглы за заслуги в агропромышленном производстве награждён:

— золотой медалью «За вклад в развитие агропромышленного комплекса России» МСХ РФ

— нагрудным знаком — медаль К. А. Тимирязева «За большой личный вклад в развитие аграрной науки и образования»

— почетной грамотой и дипломом Россельхозакадемии

— почетным званием «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

А. И. Абилов является автор и соавтор более 275 научных работ, из них 7 монографий и 1 авторского свидетельства и 2 патентов, 3 рацпредложений, более 10 методических рекомендаций,

1 технологии, 1 руководства и 6 методов исследований в области биологии воспроизведения и искусственного осеменения, один альбом по искусственному осеменению КРС.

Работы Абилова А. И. в разные годы опубликованы в США, Германии, Японии, Болгарии, Словакии, Италии, Финляндии, Ирландии, Казахстане, Украине, Азербайджане, Беларуси, Таджикистане, Грузии. Индекс Хирша по всем публикациям на elibrary.ru — 13; Индекс Хирша по публикациям в РИНЦ — 12; Индекс Хирша по ядру РИНЦ — 5; количество публикаций в базе Scopus — 16; количество публикаций в базе Web of Science — 13; Индекс Хирша Scopus — 2; Индекс Хирша Web of Science — 2.

Ученый ведет активную научно-общественную работу им организованы и проведены многочисленные международные и всероссийские научные конференции (2004, 2006, 2007, 2011, 2017 гг.). В 2017 г. под сопредседательством Абилова Ахмед Имаш оглы организована Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития современной репродуктивной технологии, криобиологии и их роль в интенсификации животноводства», посвященная 70-летию открытия №103 о возможности использования семени млекопитающих в условиях глубокого замораживания» и памяти академика Л. К. Эрнста с участием более 90 профессоров из 13 стран мира, в том числе Франции (3), Испании, КНР (5), Кореи, Ирана, Казахстана (2), Белоруссии (10), Турции.

В разные годы по научным разработкам Абилова А.И. подготовлены передачи на TV, проходящие на федеральных каналах: Россия-1, Россия-2, НТВ, ОРТ ТВЦентр, Культура, а также на каналах СНГ: Азербайджана и Казахстана, на телеканале КНР Синьцзян-Уйгурский автономного района.

Под научным руководством Абилова Ахмед Имаш оглы подготовлены и успешно защищены 20 кандидатских и докторских диссертаций из них 4 для дружественных зарубежных государств. В настоящее время под его руководством проходят подготовку 1 докторант и 2 аспиранта в области биологии воспроизведения КРС.

Абилов А. И. является членом трех диссертационных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций: Д 24.1.236.02, Д 24.1.236.03, Д 24.1.236.04 при ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста.

Ахмед Имаш оглы — член редколлегий четырех журналов: «Аграрная наука» (ВАК), «Ветеринарный фармакологический вестник» (РИНЦ), «Генетика и разведение животных» (ВАК), «Проблемы биологии продуктивных животных» (ВАК).

Награжден многими медалями и почетными грамотами ВДНХ, ВВЦ, Россельхозакадемии. Научная эрудиция, неординарность мышления, принципиальность и требовательность снискали уважение среди коллег и широкую известность.

Поздравляем Абилова Ахмеда Имаш оглы с Юбилеем!

Желаем творческого долголетия, крепкого здоровья, успехов и удач!

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ

ПЕРВЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ

#ИНВЕСТИРУЙ В ОБРАЗОВАНИЕ

Направления подготовки

- *36.02.01 - СПО Ветеринария*
- *36.05.01 - Ветеринария*
- *06.03.01 - Биология*
- *36.03.01 - Ветеринарно-санитарная экспертиза*
- *35.03.08 - Водные биоресурсы и аквакультура*

СПбГУВМ

Контакты:

+7(812)388-36-31

г. СПб, ул. Черниговская, д.5

secretary@spbguvm.ru

www.spbguvm.ru

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

partners

Санкт-Петербург Высшие ветеринарные классы

СТАРТ

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И ПРАКТИКУЮЩИХ ВРАЧЕЙ

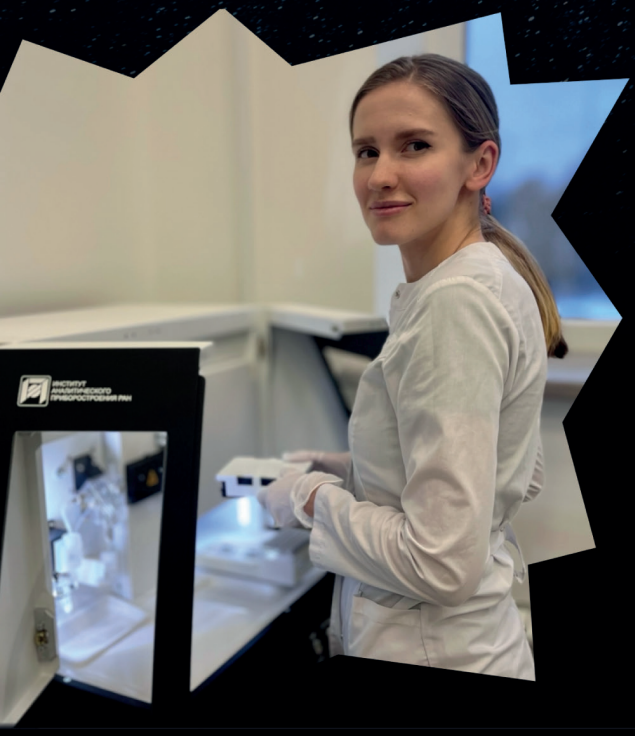
НАШ ПУСКОВОЙ АЭРОДРОМ ПОДРАЗДЕЛЯЕТСЯ НА ДВЕ ВЗЛЁТНЫЕ ПОЛОСЫ:

PARTNERS-СТАРТ

- болезни кошек и собак
- практикующие врачи

ВЕТ-СТАРТ

- сельское хозяйство
- орнитология
- аквакультура
- животные-компаньоны
- ВЕДЕТСЯ НАБОР ЛЕКТОРОВ!



✦ Место запуска: СПбГУВМ (СПб, ул. Черниговская д.5)

✦ Дата запуска: знают только звезды

Приглашаем всех, кто стремится к знаниям!