



ФГБУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОХРАНЫ
ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ»

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ВЕТЕРИНАРНОМУ
И ФИТОСАНИТАРНОМУ НАДЗОРУ
(РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР)

ВЕТЕРИНАРИЯ СЕГОДНЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2304-196X (Print)
ISSN 2658-6959 (Online)

VETERINARY SCIENCE TODAY

МАРТ | MARCH

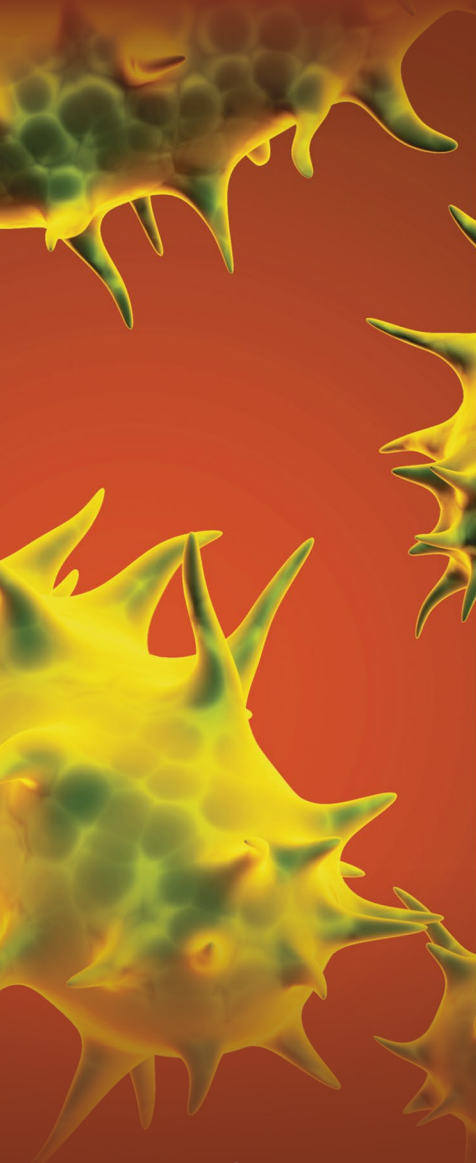
ТОМ 15 № 1 2026

SCIENTIFIC JOURNAL



veterinary.arriah.ru/jour
DOI 10.29326/2304-196X

ВЕТЕРИНАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ



Патоморфологические,
бактериологические
и вирусологические
особенности пневмоний
у обезьян, содержащихся
в неволе

стр. 28



Идентификация серотипов
и анализ антибиотикорези-
стентности изолятов *Listeria*
monocytogenes, выделенных
из продукции животного
происхождения
за период с 2021 по 2024 г.

стр. 38



Антибактериальная
терапия в молочных стадах
и отношение ветеринарных
врачей к проблеме
антибиотикорезистентности
в Нижегородской области

стр. 46

ЦЕЛИ И ОБЛАСТЬ (ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОХВАТ)

Миссией издания является представление информации об основных направлениях развития российской и мировой ветеринарной науки и практики и привлечение внимания научной общественности к актуальным проблемам и инновационным разработкам в области ветеринарии.

Журнал ориентирован на ученых, занимающихся фундаментальными и прикладными исследованиями в области общей и ветеринарной вирусологии, эпизоотологии, иммунологии, микологии, микотоксикологии, бактериологии, практикующих ветеринарных врачей и врачей ветеринарных лабораторий и государственных ветеринарных служб, преподавателей вузов ветеринарной, биологической, медицинской направленностей, аспирантов и студентов вузов и колледжей.

AIMS AND SCOPE

The mission of the publication is the delivery of information on basic development trends of veterinary science and practice and highlighting of vital issues and innovative developments in veterinary area for scientific community.

The journal is intended for scientists engaged in fundamental and applied research in the field of general and veterinary virology, epizootology, immunology, mycology, micotoxicology, bacteriology, as well as practicing veterinarians and doctors of veterinary laboratories and state veterinary services, university-level teachers for veterinary, biological, medical specializations, graduate and postgraduate students.

ВЕТЕРИНАРИЯ СЕГОДНЯ

Veterinariia segodnia

ПЕРИОДИЧНОСТЬ: 4 раза в год

МАРТ ТОМ 15 № 1 2026

Основан в 2012 г.

VETERINARY SCIENCE TODAY

FREQUENCY: 4 times a year

MARCH VOLUME 15 No. 1 2026

Published since 2012

Научный журнал «Ветеринария сегодня» входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук» по научным специальностям:

- 1.5.10 Вирусология (ветеринарные науки);
- 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки).

Научный журнал «Ветеринария сегодня» включен в информационно-аналитическую систему РИНЦ, каталог журналов открытого доступа DOAJ, а также в список журналов, входящих в базу данных RSCI (Russian Science Citation Index).

Электронные версии журнала размещаются в полнотекстовом формате на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) eLIBRARY.RU, в каталоге DOAJ и по адресу <https://veterinary.arriah.ru/jour>

Scientific Journal "Veterinary Science Today" is included in the scientometric system – Russian Science Citation Index (RSCI), Directory of Open Access Journals (DOAJ), as well as in the RSCI database.

Full-text e-versions of the Journal are published on the website of the scientific electronic library eLIBRARY.RU, DOAJ, and <https://veterinary.arriah.ru/jour>

Главный редактор: Груздев Константин Николаевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3159-1969>; AuthorID: 6506731135; e-mail: gruzdev@arriah.ru; тел.: 8 (4922) 45-37-96

Шеф-редактор: Мелано Юлия, Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), г. Москва, Россия, e-mail: j.melano@ya.ru

Выпускающий редактор: Никешина Татьяна, канд. биол. наук, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия, e-mail: nikeshina@arriah.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0959-5915>; AuthorID: 768521; Тел: 8 (4922) 26-15-12, доб. 22-27

Фото на обложке: Frentusha / Getty Images

Редакционная коллегия:

Болдбаатар Базарцэрэн – PhD в области ветеринарии, Монгольский университет естественных наук, г. Улан-Батор, Монголия; <https://orcid.org/0000-0002-6137-7990>; Scopus Author ID: 26634733300; ResearcherID: [IRW-9905-2023](https://orcid.org/0000-0002-6137-7990)

Василевич Федор Иванович – д-р вет. наук, профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0786-5317>; AuthorID: 285556; Scopus Author ID: 57190309524; ResearcherID: [K-9491-2015](https://orcid.org/0000-0003-0786-5317)

Готов Александр Гаврилович – д-р вет. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агроботаники РАН», пос. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2006-0196>; AuthorID: 236129; Scopus Author ID: 7004340265; ResearcherID: [L-7720-2017](https://orcid.org/0000-0002-2006-0196)

Гринь Светлана Анатольевна – д-р биол. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности», г. Щелково, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-8984-7002>; AuthorID: 563647; ResearcherID: [B-2813-2018](https://orcid.org/0009-0000-8984-7002)

Гулюкин Михаил Иванович – д-р вет. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФГБУН «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-7489-6175>; AuthorID: 112679; Scopus Author ID: 56114346900; ResearcherID: [V-4640-2017](https://orcid.org/0000-0002-7489-6175)

Забережный Алексей Дмитриевич – д-р биол. наук, профессор, академик РАН, ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности», г. Щелково, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7635-2596>; AuthorID: 91643; Scopus Author ID: 6507196549; ResearcherID: [V-7959-2017](https://orcid.org/0000-0001-7635-2596)

Иголкин Алексей Сергеевич – канд. вет. наук, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5438-8026>; AuthorID: 721219; Scopus Author ID: 56469415600; ResearcherID: [GZN-0688-2022](https://orcid.org/0000-0002-5438-8026)

Ирза Виктор Николаевич – д-р вет. наук, доцент, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7489-1772>; AuthorID: 332278; Scopus Author ID: 24279315500

Кононов Александр Владимирович – д-р вет. наук, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5523-3261>; AuthorID: 768208; Scopus Author ID: 56411709300

Красочко Петр Альбинович – д-р вет. наук, д-р биол. наук, профессор, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Беларусь; <https://orcid.org/0000-0002-4641-4757>; AuthorID: 751960; Scopus Author ID: 6504022390

Кузьмина Елена Васильевна – д-р вет. наук, Краснодарский научно-исследовательский ветеринарный институт – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», г. Краснодар, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4744-0823>; AuthorID: 359696; Scopus Author ID: 57192088323; ResearcherID: [AAO-7813-2020](https://orcid.org/0000-0003-4744-0823)

Ломако Юрий Васильевич – канд. вет. наук, доцент, РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышеселского», г. Минск, Беларусь; <https://orcid.org/0000-0002-9611-8286>; AuthorID: 1049578; Scopus Author ID: 55996656700; ResearcherID: [AAE-5001-2019](https://orcid.org/0000-0002-9611-8286)

Макаров Владимир Владимирович – д-р биол. наук, профессор, ФГБУ «Центр ветеринарии», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8464-6380>; AuthorID: 78150; Scopus Author ID: 7401689971

Махамат Нгуерабе Ямтитина – д-р вет. наук, Комратский государственный университет, г. Комрат, Молдова; <https://orcid.org/0000-0002-2738-0408>; AuthorID: 1064174

Мищенко Владимир Александрович – д-р вет. наук, профессор, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3751-2168>; AuthorID: 762858; Scopus Author ID: 7103128956; ResearcherID: [AAU-7410-2021](https://orcid.org/0000-0003-3751-2168)

Мищенко Наталья Владимировна – д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3643-3129>; AuthorID: 66095; Scopus Author ID: 7004534956; ResearcherID: [AHB-4663-2022](https://orcid.org/0000-0002-3643-3129)

Настасиевич Иван – PhD в области ветеринарии, Институт гигиены и технологии мяса, г. Белград, Сербия; <https://orcid.org/0000-0002-7141-269X>; Scopus Author ID: 2500444; Loop profile: 1914298; Scopus Author ID: 8630551700; ResearcherID: [AGJ-7566-2022](https://orcid.org/0000-0002-7141-269X)

Недосеков Виталий Владимирович – д-р вет. наук, профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина; <https://orcid.org/0000-0001-7581-7478>; AuthorID: 94733; Scopus Author ID: 57189580555; Scopus Author ID: 2357633; ResearcherID: [ABE-7283-2020](https://orcid.org/0000-0001-7581-7478)

Никитин Иван Николаевич – д-р вет. наук, ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3981-0882>; AuthorID: 768437; Scopus Author ID: 58616318800; ResearcherID: [F-5330-2019](https://orcid.org/0000-0002-3981-0882)

Плющиков Вадим Геннадьевич – д-р с.-х. наук, профессор, Аграрно-технологический институт, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-2057-4602>; AuthorID: 410076; Scopus Author ID: 35410040100; ResearcherID: [V-4141-2017](https://orcid.org/0000-0003-2057-4602)

Пронин Валерий Васильевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», пос. Вольгинский, Владимирская область, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6240-3062>; AuthorID: 666636; Scopus Author ID: 57878337900; ResearcherID: [C-3433-2014](https://orcid.org/0000-0002-6240-3062)

Прохватилова Лариса Борисовна – канд. биол. наук, доцент, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9560-0724>; AuthorID: 49638; Scopus Author ID: 17346898000; ResearcherID: [JAC-6920-2023](https://orcid.org/0000-0002-9560-0724)

Прунтова Ольга Владиславовна – д-р биол. наук, профессор, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>; AuthorID: 416163; Scopus Author ID: 6504372679

Равилов Рустам Хаметович – д-р вет. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7210-7470>; AuthorID: 417736; Scopus Author ID: 6506697664; ResearcherID: [Q-1810-2015](https://orcid.org/0000-0001-7210-7470)

Русалев Владимир Сергеевич – д-р вет. наук, профессор, г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4972-6326>; AuthorID: 731801; Scopus Author ID: 57219163783

Савченкова Ирина Петровна – д-р биол. наук, профессор, ФГБУН «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3560-5045>; AuthorID: 116034; Scopus Author ID: 6506749368; ResearcherID: [D-3777-2014](https://orcid.org/0000-0003-3560-5045)

Самарджия Марко – PhD в области ветеринарии, профессор, Загребский университет, факультет ветеринарной медицины, г. Загреб, Хорватия; <https://orcid.org/0000-0003-0402-3173>; Scopus Author ID: 8410731800; ResearcherID: [ACB-2749-2022](https://orcid.org/0000-0003-0402-3173); Scopus Author ID: 8410731800; ResearcherID: [ACB-2749-2022](https://orcid.org/0000-0003-0402-3173); SciProfiles: 652922

Сидорчук Александр Андреевич – д-р вет. наук, профессор, г. Москва, Россия; AuthorID: 508887; Scopus Author ID: 57191965356

Соколович Марьяна – PhD в области ветеринарии, Хорватский ветеринарный институт, Центр птицеводства, г. Загреб, Хорватия; <https://orcid.org/0000-0003-3373-7415>; Scopus Author ID: 21835149800; SciProfiles: 1947001; ResearcherID: [V-8635-2019](https://orcid.org/0000-0003-3373-7415)

Старов Сергей Константинович – канд. вет. наук, старший научный сотрудник, заместитель главного редактора, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; AuthorID: 596191; Scopus Author ID: 6507314336

Субботин Александр Михайлович – д-р биол. наук, профессор, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Беларусь; <https://orcid.org/0000-0002-2449-0097>; AuthorID: 709795

Сулейманов Сулейман Мухитдинович – д-р вет. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», г. Воронеж, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-0461-9885>; AuthorID: 80671; Scopus Author ID: 57204718558

Федотов Сергей Васильевич – д-р вет. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-0004-3639>; AuthorID: 460625; Scopus Author ID: 58822775800

Чвала Илья Александрович – канд. вет. наук, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-1659-3256>; AuthorID: 705819; Scopus Author ID: 57204228517; SciProfiles: 2392489; ResearcherID: [K-5603-2016](https://orcid.org/0000-0002-1659-3256)

Шахов Алексей Гаврилович – д-р вет. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6177-8858>; AuthorID: 605505; Scopus Author ID: 7005636727; ResearcherID: [AAA-8731-2020](https://orcid.org/0000-0002-6177-8858)

Шкуртатова Ирина Алексеевна – д-р вет. наук, профессор, член-корреспондент РАН, Уральский НИВИ – структурное подразделение ФГБУН УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0025-3545>; AuthorID: 482688; Scopus Author ID: 57192078535; ResearcherID: [AAD-3416-2022](https://orcid.org/0000-0003-0025-3545)

Эрдэнэбаатар Жанчивдорж – PhD в области ветеринарии, профессор, Институт ветеринарной медицины, г. Улан-Батор, Монголия; Scopus Author ID: 6602798556

Дизайн и верстка:

Кинунова Надежда

Ответственный редактор:

Гусева Елена

Редактор-координатор:

Власова Яна

Редакторы-корректоры:

Нурмухамбетова-Михайлова Юлия,

Рязузова Мария

Корректоры:

Олеся Бражникова

Журнал «Ветеринария сегодня»

зарегистрирован в Федеральной

службе по надзору в сфере связи,

информационных технологий

и массовых коммуникаций,

свидетельство о регистрации

№ ФС 77-49033 от 21 марта 2012 г.

Тираж 1175 экземпляров. Цена свободная

Подписку на научный журнал

«Ветеринария сегодня» можно оформить

через Агентство по подписке ООО «УРАЛ-Пресс

Стандарт»: Подписной индекс – 83862;

127015, г. Москва, Новодмитровская ул.,

дом 5а, строение 4; 8 (499) 700-05-07,

факс: 789-86-36 доб. 3777;

e-mail: moscow@ural-press.ru

Учредитель: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 600901, Владимирская обл.,

г. Владимир, мкр. Юрьевец, ул. Гвардейская, д. 6

Издатель: ООО «Вейнард», 129626, г. Москва,

проспект Мира, д. 102, стр. 31, комн. 12

Адрес редакции: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 600901,

Владимирская обл., г. Владимир, мкр. Юрьевец,

ул. Гвардейская, д. 6

Типография: ООО «Гран ПРИ», 152900,

Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Луговая, 7

Подписано в печать:

13 марта 2026 года

Дата выхода в свет:

27 марта 2026 года

16+

© ФГБУ «ВНИИЗЖ»,

научное редактирование,

корректур статей,

2026

Creative Commons

Attribution 4.0 License



Editor-in-Chief: Konstantin N. Gruzdev – Dr. Sci. (Biology), Professor, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-3159-1969>; AuthorID: 304722; Scopus Author ID: 6506731135; e-mail: gruzdev@arriah.ru; Tel.: +7 (4922) 45-37-96

Editorial Director: Julia Melano, Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhozadzor), Moscow, Russia, e-mail: j.melano@ya.ru

Executive Editor: Tatiana Nikeshina, Cand. Sci. (Biology), Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia, e-mail: nikeshina@arriah.ru; AuthorID: 768437; Scopus Author ID: 5861631880; ResearcherID: F-5330-2019
<https://orcid.org/0000-0002-0959-5915>; AuthorID: 768521; Tel.: +7 (4922) 26-15-12, ext. 22-27
Cover photo: Frentusha / Getty Images

Editorial Board:

Boldbaatar Bazartseren – PhD/DVM, Mongolian University of Life Sciences, Ulan Bator, Mongolia; <https://orcid.org/0000-0002-6137-7990>; Scopus Author ID: 26634733300; ResearcherID: JRW-9905-2023

Fedor I. Vasilevich – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Academician of the RAS, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA n. a. K. I. Skryabin, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0786-5317>; AuthorID: 285556; Scopus Author ID: 57190309524; ResearcherID: K-9491-2015

Alexander G. Glotov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2006-0196>; AuthorID: 236129; Scopus Author ID: 7004340265; ResearcherID: L-7720-2017

Svetlana A. Grin – Dr. Sci. (Biology), Professor, Corresponding Member of the RAS, All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, Schelkovo, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-8984-7002>; AuthorID: 563647; ResearcherID: B-2813-2018

Mikhail I. Gulyukin – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Academician of the RAS, Honorary Scientist of the Russian Federation, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-7489-6175>; AuthorID: 112679; Scopus Author ID: 56114346900; ResearcherID: V-4640-2017

Alexei D. Zaberezhny – Dr. Sci. (Biology), Professor, Academician of the RAS, All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, Schelkovo, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7635-2596>; AuthorID: 91643; Scopus Author ID: 6507196549; ResearcherID: V-7959-2017

Alexey S. Igolkin – Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5438-8026>; AuthorID: 721219; Scopus Author ID: 56469415600; ResearcherID: GZN-0688-2022

Viktor N. Irza – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7489-1772>; AuthorID: 332278; Scopus Author ID: 24279315500

Aleksandr V. Kononov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5523-3261>; AuthorID: 768208; Scopus Author ID: 56411709300

Petr A. Krasochko – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Dr. Sci. (Biology), Professor, The Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus; <https://orcid.org/0000-0002-4641-4757>; AuthorID: 751960; Scopus Author ID: 6504022390

Elena V. Kuzminova – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Krasnodar Research Veterinary Institute – Detached Unit Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4744-0823>; AuthorID: 359696; Scopus Author ID: 57192088323; ResearcherID: AA0-7813-2020

Yurij V. Lamaka – Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Research Republican Unitary Enterprise the Institute of Experimental Veterinary Medicine n. a. S. N. Vysheslesky, Minsk, Belarus; <https://orcid.org/0000-0002-9611-8286>; AuthorID: 1049578; Scopus Author ID: 55996656700; ResearcherID: AAE-5001-2019

Vladimir V. Makarov – Dr. Sci. (Biology), Professor, Center of Veterinary, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8464-6380>; AuthorID: 78150; Scopus Author ID: 7401689971

Mahamat Nguerabe Yamtitina – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Comrat State University, Comrat, Moldova; <https://orcid.org/0000-0002-2738-0408>; AuthorID: 1064174

Vladimir A. Mishchenko – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3751-2168>; AuthorID: 762858; Scopus Author ID: 7103128956; ResearcherID: AAU-7410-2021

Natalia V. Mishchenko – Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Vladimir State University, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3643-3129>; AuthorID: 66095; Scopus Author ID: 7004534956; ResearcherID: AHB-4663-2022

Ivan Nastasijevic – PhD/DVM, Institute of Meat Hygiene and Technology, Belgrade, Serbia; <https://orcid.org/0000-0002-7141-269X>; SciProfiles: 2500444; Loop profile: 1914298; Scopus Author ID: 8630551700; ResearcherID: AGJ-7566-2022

Vitalii V. Nedosekov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-7581-7478>; AuthorID: 94733; Scopus Author ID: 57189580555; SciProfiles: 2357633; ResearcherID: ABE-7283-2020

Ivan N. Nikitin – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Kazan State Academy of Veterinary Medicine n. a. N. E. Bauman, Kazan, Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3981-0882>; AuthorID: 768437; Scopus Author ID: 5861631880; ResearcherID: F-5330-2019

Vadim G. Plyushchikov – Dr. Sci. (Agricultural Science), Professor, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-2057-4602>; AuthorID: 410076; Scopus Author ID: 35410040100; ResearcherID: V-4141-2017

Valery V. Pronin – Dr. Sci. (Biology), Professor, Federal Research Centre for Virology and Microbiology, Volginsky, Vladimir Region, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6240-3062>; AuthorID: 666636; Scopus Author ID: 57878337900; ResearcherID: C-3433-2014

Larisa B. Prokhvatilova – Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9560-0724>; AuthorID: 49638; Scopus Author ID: 17346898000; ResearcherID: JAC-6920-2023

Olga V. Pruntova – Dr. Sci. (Biology), Professor, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>; AuthorID: 416163; Scopus Author ID: 6504372679

Rustam K. Ravilov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Kazan State Agricultural University, Kazan, Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7210-7470>; AuthorID: 417736; Scopus Author ID: 6506697664; ResearcherID: Q-1810-2015

Vladimir S. Rusaleyev – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4972-6326>; AuthorID: 731801; Scopus Author ID: 57219163783

Irina P. Savchenkova – Dr. Sci. (Biology), Professor, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3560-5045>; AuthorID: 116034; Scopus Author ID: 6506749368; ResearcherID: D-3777-2014

Marko Samardžija – PhD/DVM, Professor, University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine, Zagreb, Croatia; <https://orcid.org/0000-0003-0402-3173>; Scopus Author ID: 8410731800; ResearcherID: ACB-2749-2022; SciProfiles: 652922

Alexander A. Sidorchuk – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Moscow, Russia; AuthorID: 508887; Scopus Author ID: 57191965356

Marijana Sokolovic – PhD/DVM, Croatian Veterinary Institute, Poultry Centre, Zagreb, Croatia; <https://orcid.org/0000-0003-3373-7415>; Scopus Author ID: 21835149800; SciProfiles: 1947001; ResearcherID: Y-8635-2019

Sergey K. Starov – Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Deputy Editor-in-Chief, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; AuthorID: 596191; Scopus Author ID: 6507314336

Alexander M. Subotsin – Dr. Sci. (Biology), Professor, The Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus; <https://orcid.org/0000-0002-2449-0097>; AuthorID: 709795

Suleiman M. Suleymanov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Honorary Scientist of the Russian Federation, Voronezh State Agrarian University n. a. Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0461-9885>; AuthorID: 80671; Scopus Author ID: 57204718558

Sergei V. Fedotov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0004-3639>; AuthorID: 460625; Scopus Author ID: 58822775800

Ilya A. Chvala – Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1659-3256>; AuthorID: 705819; Scopus Author ID: 57204228517; SciProfiles: 2392489; ResearcherID: K-5603-2016

Alexey G. Shakhov – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6177-8858>; AuthorID: 605505; Scopus Author ID: 7005636727; ResearcherID: AAA-8731-2020

Irina A. Shkuratova – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, Ural Research Veterinary Institute – UrfASRC, UrB of RAS, Yekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0025-3545>; AuthorID: 482688; Scopus Author ID: 57192078535; ResearcherID: AAD-3416-2022

Erdenebaatar Janchivdorj – PhD/DVM, Professor, Institute of Veterinary Medicine, Ulan Bator, Mongolia; Scopus Author ID: 6602798556

Design and composition:

Nadezhda Kiunova

Managing Editor:

Elena Guseva

Coordinating Editor:

Iana Vlasova

Content editors:

Julia Nurmukhambetova-Mikhailova,

Maria Ryaguzova

Proof-readers:

Olesya Brazhnikova

The Journal "Veterinary Science

Today" is registered in the

Federal Service for Supervision

of Communications, Information

Technology, and Mass Media Federal

Service, Registration Certificate

No FS 77-49033, March 21, 2012.

Circulation: 1175. Price: unregulated

Veterinary Science Today Journal

can be subscribed through

the Ural-Press subscription agency:

Subscription code – 83862;

127015, Moscow, Novodmitrovskaya str.,

5a, str. 4; +7 (499) 700-05-07,

fax: 789-86-36 add. 3777;

e-mail: moscow@ural-press.ru

Founder: Federal Centre for Animal Health, 600901,

Vladimir Oblast, Vladimir, Yur'evets, ul. Gvardeyskaya, 6

Publisher: Veinard, 129626, Moscow,

102 Prospect Mira, bld. 31, office 12

Editorial Staff Office: Federal Centre for Animal

Health, 600901, Vladimir Oblast, Vladimir,

Yur'evets, ul. Gvardeyskaya, 6

Printing Office: Grand Prix, 152900,

Yaroslavl Oblast, Rybinsk, Lugovaya str., 7

Approved for print:

March 13, 2026

Issued:

March 27, 2026

16+

© Federal Centre for Animal Health, scientific editing, proofreading of articles, 2026

Creative Commons Attribution 4.0 License



Содержание

ОБЗОРЫ | БОЛЕЗНИ МЕЛКОГО РОГАТОГО СКОТА

- 6** Методические подходы к профилактике и оздоровлению популяции коз от артрита-энцефалита в зарубежных странах (обзор)
В. Ю. Коптев, Н. О. Лихачева, Н. А. Шкиль, И. М. Юркова

ОБЗОРЫ | БОЛЕЗНИ ПТИЦ

- 13** Межвидовая передача вируса гриппа птиц A(H5N1) млекопитающим: уроки вспышек среди крупного рогатого скота в 2024–2025 гг.
Е. А. Краснова, Е. В. Корогодина, Д. А. Лунина

ОБЗОРЫ | ЭПИЗООТОЛОГИЯ

- 20** Концепция «Единое здоровье» в изучении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации
Т. В. Михалева, Р. Р. Гасанов, С. С. Коннова, Д. А. Лунина

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | ВЕТЕРИНАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

- 28** Патоморфологические, бактериологические и вирусологические особенности пневмоний у обезьян, содержащихся в неволе
В. А. Калашникова, Е. Ю. Радомская, Д. В. Булгин, В. И. Полякова, Д. И. Догадов, А. В. Демерчян, Н. В. Щербак, Д. В. Чуканов, А. М. Гончаренко, А. А. Миносян, И. М. Аршба

- 38** Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г.
О. А. Акулич, Н. Б. Шадрова, Г. С. Денисова

- 46** Антибактериальная терапия в молочных стадах и отношение ветеринарных врачей к проблеме антибиотикорезистентности в Нижегородской области
Т. В. Овсяно, О. А. Бурова, И. В. Яшин, Е. А. Широкова, Т. Н. Демидова, А. А. Блохин

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

- 54** Телязиоз яков в Оренбургской области: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) как переносчик и *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) как возбудитель инвазии
Е. Н. Кузьмина

- 60** Проведение серологических исследований на заразный узелковый дерматит в Республике Таджикистан в 2023 г.
Р. А. Атовуллозода, И. Н. Шумилова, Ф. И. Коренной, М. А. Амирбеков, С. Х. Назруллозода, Р. М. Шарипов, С. М. Косимов, О. П. Бьядовская, А. О. Кротова, А. В. Спрыгин

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ СВИНЕЙ

- 67** Оптимизация условий транзientной трансфекции производственных линий клеток млекопитающих для экспрессии антигена E2 вируса классической чумы свиней
А. Г. Галеева, Ю. А. Кузнецова, А. Р. Ахунова, Н. И. Хаммадов, К. С. Хаертынов, Рин. С. Мухаммадиев, М. А. Ефимова

- 74** Совершенствование эпизоотологического наблюдения и контроля за классической чумой свиней в Российской Федерации
А. С. Садчикова, А. А. Шевцов, И. А. Лаврентьев, А. Р. Шотин, А. С. Иголкин, Р. С. Чернышев

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ ПТИЦ

- 87** Тест-система для дифференциации вирусов гриппа птиц и ньюкаслской болезни в органах больных и павших кур
Е. Ю. Шустова, А. С. Гамбарян, Е. Ю. Боравлева, А. А. Трещалина, А. А. Сейтаблаев, С. И. Березовский

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БИОТЕХНОЛОГИЯ

- 95** Цитотоксические свойства хитозана *in vitro*
Е. И. Ярыгина, О. А. Минькова, В. Ю. Лага

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

- 102** К юбилею Ольги Владиславовны Прунтовой

- 103** К юбилею Натальи Станиславовны Мудрак

- 104** К 75-летию Василия Ивановича Белоусова

Contents

REVIEWS | SMALL RUMINANTS DISEASES

- 6** Methodological approaches for the prevention and eradication of caprine arthritis-encephalitis in international goat herds: A review
V. Yu. Koptev, N. O. Likhacheva, N. A. Shkil, I. M. Yurkova

REVIEWS | AVIAN DISEASES

- 13** Cross-species transmission of avian influenza A(H5N1) virus to mammals: lessons learnt from 2024–2025 outbreaks in cattle
E. A. Krasnova, E. V. Korogodina, D. A. Lunina

REVIEWS | EPIZOOTOLOGY

- 20** Applying One Health approach to the study of West Nile fever in the Russian Federation
T. V. Mikhaleva, R. R. Gasanov, S. S. Konnova, D. A. Lunina

ORIGINAL ARTICLES | VETERINARY MICROBIOLOGY

- 28** Pathomorphological, bacteriological and virological features of pneumonia in captive monkeys
V. A. Kalashnikova, E. Yu. Radomskaya, D. V. Bulgin, V. I. Polyakova, D. I. Dogadov, A. V. Demerchyan, N. V. Shcherbak, D. V. Chukanov, A. M. Goncharenko, A. A. Minosyan, I. M. Arshba

- 38** Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024
O. A. Akulich, N. B. Shadrova, G. S. Denisova

- 46** Antibacterial therapy in dairy herds and the approach of veterinarians towards the issue of antimicrobial resistance in Nizhny Novgorod Oblast
T. V. Ovsyukhno, O. A. Burova, I. V. Yashin, E. A. Shirokova, T. N. Demidova, A. A. Blokhin

ORIGINAL ARTICLES | BOVINE DISEASES

- 54** Yak thelaziasis in the Orenburg Oblast: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) as a vector and *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) as the causative agent of infestation
E. N. Kuzmina

- 60** Serological tests for lumpy skin disease in Republic of Tajikistan in 2023
R. A. Atovullozoda, I. N. Shumilova, F. I. Korennoy, M. A. Amirbekov, S. Kh. Nazrullozoda, R. M. Sharipov, S. M. Kosimov, O. P. Byadovskaya, A. O. Krotova, A. V. Sprygjin

ORIGINAL ARTICLES | PORCINE DISEASES

- 67** Optimizing transient transfection conditions in mammalian cell production lines for expression of classical swine fever virus E2 antigen
A. G. Galeeva, Yu. A. Kuznetsova, A. R. Akhunova, N. I. Khammadov, K. S. Khaertynov, Rin. S. Mukhammadiev, M. A. Efimova

- 74** Strengthening classical swine fever surveillance and control measures in the Russian Federation
A. S. Sadchikova, A. A. Shevtsov, I. A. Lavrentiev, A. R. Shotin, A. S. Igolkin, R. S. Chernyshev

ORIGINAL ARTICLES | AVIAN DISEASES

- 87** Differentiation of avian influenza and Newcastle disease viruses in organ samples from sick and dead chickens using a rapid test kit
E. Yu. Shustova, A. S. Gambaryan, E. Yu. Boravleva, A. A. Treshchalina, A. A. Seitablaev, S. I. Berezovsky

ORIGINAL ARTICLES | BIOTECHNOLOGY

- 95** *In vitro* evaluation of chitosan cytotoxic properties
E. I. Yarygina, O. A. Minkova, V. Yu. Laga

ANNIVERSARY DATES

- 102** On the anniversary of Olga V. Pruntova

- 103** On the anniversary of Natalya S. Mudrak

- 104** On the 75th anniversary of Vasily I. Belousov



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-6-12>
УДК 619:616.98:578.833.27:616.72-002:636.39(048)



Методические подходы к профилактике и оздоровлению популяции коз от артрита-энцефалита в зарубежных странах (обзор)

В. Ю. Коптев¹, Н. О. Лихачева², Н. А. Шкиль¹, И. М. Юркова²

¹ ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (ИЭВСиДВ СФНЦА РАН), р. п. Краснообск, 630501, Новосибирская обл., Россия

² Ветеринарная ассоциация сельскохозяйственных специалистов (ВАСС), г. Москва, 123060, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Артрит-энцефалит коз – хроническое вирусное заболевание, вызываемое лентивирусами семейства *Retroviridae*, относящимися к группе SRLV (лентивирусы мелкого рогатого скота). Заболевание характеризуется длительным бессимптомным вирусоносительством с последующим прогрессирующим поражением суставов, центральной нервной системы, легких и ткани молочных желез. Вирус может передаваться с молозивом и молоком, при прямом контакте, через оборудование и при совместном содержании здоровых и инфицированных животных. Диагностика заболевания основана на использовании иммунологических и молекулярно-биологических методов.

Цель обзора. Обобщение зарубежных методических подходов к профилактике артрита-энцефалита коз.

Материалы и методы. При написании обзора были использованы публикации в рецензируемых журналах, официальные зарубежные методические рекомендации, а также отчеты Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, Всемирной организации здравоохранения животных. Отбор источников производился в базах данных Web of Science, Scopus, Google Scholar, PubMed, Science Hub, КиберЛенинка и др.

Результаты. Анализ литературных источников показывает, что наиболее эффективные результаты по борьбе с данным заболеванием достигнуты в странах, где разработаны обязательные государственные программы, включающие комплекс профилактических, диагностических и административных мер (Норвегия, Швейцария). В странах с добровольным участием в программах оздоровления (Австралия, Новая Зеландия, Канада, Италия, Франция) при наличии практики стимулирующих механизмов и информационной поддержки также наблюдаются положительные результаты. В странах с отсутствием координированных программ (Турция, Бразилия, Иран, большинство африканских стран) уровень контроля за распространением заболевания остается низким, а серопревалентность – высокой.

Заключение. Наибольших успехов в борьбе с данным заболеванием удалось достичь в странах, где разработаны обязательные государственные программы по контролю и искоренению, включающие комплекс профилактических, диагностических и административных мер (Норвегия, Швейцария).

Ключевые слова: обзор, артрит-энцефалит коз, профилактика, серомониторинг, программы по искоренению заболевания

Для цитирования: Коптев В. Ю., Лихачева Н. О., Шкиль Н. А., Юркова И. М. Методические подходы к профилактике и оздоровлению популяции коз от артрита-энцефалита в зарубежных странах (обзор). *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 6–12. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-6-12>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Коптев Вячеслав Юрьевич, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией болезней молодняка ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, а/я 8, р. п. Краснообск, 630501, Новосибирская обл., Россия, kastrolog@mail.ru

Methodological approaches for the prevention and eradication of caprine arthritis-encephalitis in international goat herds: A review

Vyacheslav Yu. Koptev¹, Natalia O. Likhacheva², Nikolay A. Shkil¹, Irina M. Yurkova²

¹ Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East, Krasnoobsk 630501, Novosibirsk Oblast, Russia

² Veterinary Association of Agricultural Specialists (VASS), Moscow 123060, Russia

ABSTRACT

Introduction. Caprine arthritis-encephalitis (CAE) is a chronic viral disease of goats caused by a lentivirus from the *Retroviridae* family (small ruminant lentivirus group, SRLV). Infection typically involves prolonged asymptomatic carriage, progressing to debilitating lesions in the joints, central nervous system, lungs, and mammary gland. Transmission occurs primarily via colostrum, milk, and direct contact, including fomites and co-mingling with infected animals. Diagnosis relies on serological and molecular methods.

Objective. To summarize international methodological approaches for the prevention of CAE.

Materials and methods. This review was conducted based on an analysis of publications in peer-reviewed scientific journals, official international guidelines, and reports from key organizations such as the Food and Agriculture Organization and the World Organisation for Animal Health. Literature was identified and selected through searches in major scientific databases, including Web of Science, Scopus, PubMed, Google Scholar, Science Hub, CyberLeninka and others.

Results. Analysis of the literature indicates that the most effective outcomes in controlling CAE have been achieved in countries with mandatory national eradication programs, which integrate comprehensive preventive, diagnostic, and administrative measures (e.g., Norway, Switzerland). In nations with voluntary participation

© Коптев В. Ю., Лихачева Н. О., Шкиль Н. А., Юркова И. М., 2026

programs (e.g., Australia, New Zealand, Canada, Italy, France), positive results are also evident, particularly when supported by incentive mechanisms and sustained educational outreach. Conversely, in countries lacking coordinated national programs (e.g., Turkey, Brazil, Iran, and most African nations), disease control remains inadequate, and seroprevalence rates are consistently high.

Conclusion. The most effective outcomes in controlling CAE have been achieved in countries with mandatory national eradication programs, which integrate comprehensive preventive, diagnostic, and administrative measures (e.g., Norway, Switzerland).

Keywords: review, caprine arthritis-encephalitis, prevention, serological monitoring, eradication programs

For citation: Koptev V. Yu., Likhacheva N. O., Shkil N. A., Yurkova I. M. Methodological approaches for the prevention and eradication of caprine arthritis-encephalitis in international goat herds: A review. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 6–12. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-6-12>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Vyacheslav Yu. Koptev, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Head of the Laboratory of Diseases of Young Animals, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East, PO Box 8, Krasnoobsk 630501, Novosibirsk Oblast, Russia, kastrolog@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Артрит-энцефалит коз (АЭК, caprine arthritis-encephalitis, CAE) – хроническое вирусное заболевание, вызываемое лентивирусами семейства *Retroviridae*, относящимися к группе SRLV (лентивирусы мелкого рогатого скота, small ruminant lentiviruses), разделенной на пять генотипов А, В, С, D, E, которые, в свою очередь, имеют несколько подтипов [1, 2, 3].

Патогенез АЭК подробно описан в ряде литературных источников [4, 5, 6], а также в отдельных главах различных монографий [7, 8, 9]. Заболевание характеризуется длительным бессимптомным вирусносительством с последующим прогрессирующим поражением суставов, центральной нервной системы, легких и ткани молочных желез.

Исследования ряда авторов [10, 11, 12, 13, 14] подтверждают, что вирус АЭК может передаваться с молозивом и молоком, при прямом контакте, через оборудование и при совместном содержании здоровых коз с инфицированными животными. Также зафиксированы случаи межвидовой передачи вируса между козами и овцами [15, 16].

Диагностика заболевания основана на использовании серологических методов, таких как иммуноферментный анализ (ИФА) и реакция иммунодиффузии в агаровом геле (РИД), а также полимеразной цепной реакции (ПЦР) и секвенирования [17, 18, 19].

Ключевыми факторами риска распространения инфекции являются: отсутствие выбраковки серопозитивных животных, скученное совместное содержание зараженных и здоровых коз, совместное использование родильных помещений и отсутствие системы профилактических мероприятий.

По данным серозооэтологического исследования, проведенного с использованием РИД, серопревалентность к вирусу АЭК превышала 65% в странах с развитым козоводством, включая Канаду, Францию, Норвегию, Швейцарию и США [20].

Целью данного обзора является обобщение зарубежных методических подходов к профилактике АЭК для определения максимально эффективных методик.

СТРАНЫ ЕВРОПЫ

Норвегия. Программа «Здоровые козы» стартовала в Норвегии в начале 2000-х гг. как добровольная, а с 2012 г. стала обязательной в регионах с высоким уровнем зараженности. В рамках данного проекта был реализован комплексный подход: выбраковка сероположительных животных, изоляция молодняка, кормление молозивом и молоком от незараженных коз или заменителями, серологический мониторинг и сертификация стад.

Комплексные исследования подтвердили высокую эффективность программы: в результате мероприятий были практически ликвидированы циркулирующие варианты вируса АЭК [21].

За 15 лет реализации проекта доля инфицированных стад сократилась с 30% до менее 1% [22], что отражает положительные результаты программы в части оздоровления поголовья, при этом экономическая эффективность отмечена главным образом в сценариях с государственным участием [23].

Швейцария. Эта страна является одной из первых, где была успешно реализована национальная программа по ликвидации АЭК. Согласно официальным данным, она стартовала в 1980-х гг., а к 2008 г. более 90% хозяйств получили статус свободных от АЭК [24].

Целью программы было полное искоренение инфекции, что требовало регулярного серологического тестирования, уничтожения серопозитивных животных и строгого надзора за перемещением коз [25].

Контроль мероприятий осуществлялся при поддержке Швейцарской ассоциации козоводов (SZZV), а также федеральных ветеринарных служб [26, 27].

Франция. Здесь борьба с АЭК осуществляется на уровне региональных программ с участием фермерских кооперативов и ветеринарных служб. Начиная с 2020 г. широко применяются схемы добровольной сертификации стад, а также санитарные планы для козоводческих хозяйств [28].

Одной из ключевых инициатив является Plan de qualification sanitaire des élevages caprins – инструмент для оценки и повышения биобезопасности козоводческих хозяйств [29].

Италия (Южный Тироль, Северная Италия). Программа оздоровления стад от АЭК реализуется в Южном Тироле с конца 2000-х гг. благодаря координированной работе лабораторий и ветеринарных служб региона.

Основным подходом профилактики распространения инфекции является серологический мониторинг и удаление из стада сероположительных животных без массового убоя [30]. Данная стратегия показала высокую эффективность: к 2020 г. большинство хозяйств региона были полностью оздоровлены [31].

В других регионах Италии программы по профилактике АЭК менее централизованы, поэтому уровень охвата остается разным.

Испания. В этой стране АЭК официально не признан инфекционным заболеванием. В Испании отсутствует программа обязательного контроля, а профилактика ограничивается инициативой отдельных фермеров. При этом распространенность инфекции среди молочных коз остается высокой: от 12 до 23% [32].

Аналогичная ситуация прослеживается и в **Германии**. Несмотря на то что общее поголовье коз в стране составляет около 120 000 голов, что эквивалентно 1% от всех животных данного вида в ЕС [33], на федеральном уровне в Германии АЭК не относится к числу подлежащих уведомлению или регистрации заболеваний, а обязательная государственная программа по его контролю отсутствует [34].

СТРАНЫ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

США. По результатам исследования, проведенного в США в 1981 г. в 24 штатах, распространенность АЭК среди поголовья животных составила 81% [35]. По данным, опубликованным в Journal of the American Veterinary Medical Association в 1992 г., инфекция была широко распространена в Калифорнии и северо-западных штатах. Были протестированы 3790 коз из 28 штатов, из которых 1175 (31%) оказались серопозитивными к вирусу АЭК [36].

Научные исследования в США ведутся с 1980-х гг., однако в стране до сих пор нет официальной национальной программы борьбы с АЭК.

Несмотря на отсутствие обязательного национального плана, существует разветвленная система добровольного контроля распространения АЭК на разных уровнях – от штатов до фермерских хозяйств, – основанная на международных рекомендациях и научных исследованиях, функционирующая в рамках сотрудничества с государственными ветеринарными службами и университетами.

Так, в штате Миннесота с 2006 г. фермеры на добровольной основе тестируют, регистрируют инфицированных животных и поддерживают отрицательный статус по заболеванию [37]. В Айове для всех желающих регулярно проводят обучающие семинары, на которых владельцы животных призывают осуществлять серологический мониторинг поголовья, выбраковку серопозитивных коз, искусственное вскармливание новорожденных козлят и др. [38]. В штате Мичиган владельцам серопозитивных животных рекомендуется проводить стерильные окоты, выкармливание новорожденных козлят пастеризованным молоком/молозивом, регулярное серологическое тестирование и выбраковку серопозитивных животных; формировать стада из особей с отрицательным по АЭК статусом [39].

Ряд университетов, в частности Washington State University, Iowa State University, Michigan State University, Alabama Agricultural and Mechanical University, предлагают консультации, пособия и обучение по оздоровлению хозяйств от АЭК [40, 41].

Стандартные меры контроля, рекомендуемые для владельцев козоводческих хозяйств, включают в себя следующие мероприятия:

- серологический скрининг, в том числе регулярное тестирование животных от 6 мес. и старше;
- разделение поголовья на сероположительных и сероотрицательных животных с последующей выбраковкой инфицированных;
- профилактику передачи возбудителя путем внедрения практики стерильных окотов: отделение козлят от матери сразу после рождения, использование пастеризованного молока или заменителей для выпойки;
- обязательную дезинфекцию инструментов и контроль содержания животных;
- запрет ввоза в хозяйства новых животных без предварительного тестирования и карантина.

Министерство сельского хозяйства США (USDA) и Служба инспекции здоровья животных и растений (APHIS) тесно сотрудничают с государственными ветеринарными службами, но пока не инициируют централизованную обязательную программу контроля или ликвидации заболевания. Однако всем желающим предоставляется возможность проведения диагностических мероприятий, оказывается научная и финансовая поддержка, помощь в налаживании сотрудничества с ветеринарными лабораториями и штатными службами [42, 43].

Американская ассоциация козоводов (ADGA) пока не разработала отдельную программу по борьбе с АЭК, но активно поощряет использование признанных ветеринарных программ и практик, направленных

на контроль и предотвращение распространения болезни в популяции коз.

Канада. В этой стране нет единой федеральной (национальной) программы борьбы с АЭК, но существуют эффективные региональные инициативы и рекомендации, особенно на уровне провинций и отраслевых ассоциаций [44]. Примером служит программа ведущей отраслевой ассоциации Ontario Goat, предлагающая практическое руководство, которое содержит следующие пункты:

- диагностика всего стада; протокол тестирования в рамках проекта GoGen включает проверку козлят в возрасте от 4 до 6 мес., от 8 до 10 мес. и после достижения 12-месячного возраста, но до окота; после родов рекомендуется проводить лабораторную диагностику раз в полгода [44];
- применение практики стерильных окотов, отъем козлят, раздельное содержание с кормлением пастеризованным молоком/молозивом или заменителями цельного молока;
- изоляция серопозитивных животных и их отдельное содержание или выбраковка;
- использование для разведения производителей, свободных от вируса АЭК;
- карантин всех вновь поступивших животных и введение их в основное стадо только после диагностического скрининга;
- аккредитация хозяйств с низким риском инфекции.

СТРАНЫ ЮЖНОЙ АМЕРИКИ

В странах Южной Америки зафиксирована высокая распространенность АЭК. Регулярно проводятся молекулярные и эпизоотологические исследования, однако отсутствуют масштабные программы, направленные на оздоровление популяции коз [45, 46, 47].

Бразилия. Согласно результатам эпизоотологического мониторинга 2019 г., распространенность АЭК в Бразилии варьируется от ≈ 2 до 17% в зависимости от региона и типа хозяйства. Наиболее высокие уровни серопозитивности у животных зарегистрированы в штатах Алагоас, Сеара и Сан-Паулу (> 10%), ниже – в Мараньян, Параиба и др. [45].

В Бразилии нет централизованной национальной программы полного искоренения АЭК, однако существует ряд обязательных мер и инициатив, реализуемых на региональном и федеральном уровне, среди которых обязательное подтверждение и отчетность. По требованию Министерства сельского хозяйства и животноводства (MAPA) для проведения мониторинга распространения заболевания необходима регистрация выявленных случаев АЭК в рамках мер ветеринарного надзора. Бразильской корпорацией исследований в области земледелия и животноводства (Embrapa) разработано несколько технических руководств и методических пособий по изучению и контролю АЭК, включающих в себя: обзор симптомов, методов диагностики (ПЦР, ИФА) и мер предотвращения; селекцию поголовья, ежегодное тестирование, отказ от покупки необследованных животных, рекомендации для молочных хозяйств по адаптации плана контроля с учетом технологического уровня и др. [45].

В некоторых штатах практикуются методы частичного искоренения АЭК в отдельных хозяйствах.

Аргентина. По результатам исследования, проведенного в Аргентине в 2011 г., количество серопозитивных к вирусу АЭК животных составляло 3,86% [46].

Добровольный контроль и ликвидация АЭК в Аргентине регламентируется федеральным органом – Национальной службой безопасности и качества пищевых продуктов (SENASA) – и включает в себя следующие аспекты:

- эпизоотологический контроль: регистрация и учет козоводческих хозяйств, обязательное информирование о выявленных случаях заболевания, проведение эпизоотологического расследования при обнаружении положительных животных;

– диагностика и мониторинг: серологическое тестирование животных (ИФА, РИД) для выявления антител к вирусу АЭК, регулярные плановые обследования поголовья, подтверждающие исследования в аккредитованных лабораториях SENASA;

– профилактика распространения: изоляция или выбраковка серопозитивных животных, контроль за перемещением коз между хозяйствами (наличие официального заключения об отсутствии АЭК), запрет на использование сырого молока инфицированных коз для выпойки молодняка, организация «чистых стад» (free herds) с подтвержденным отсутствием АЭК;

– ликвидационные меры: постепенное выведение серопозитивных животных из стада, разделение их по статусу, применение программ разведения с отбором только серонегативных животных для воспроизводства;

– просветительская работа: инструктаж владельцев ферм по биобезопасности, ветеринарный надзор за выполнением программы, информационные кампании среди фермеров о рисках АЭК и мерах борьбы [47].

СТРАНЫ АЗИИ И БЛИЖНЕГО ВОСТОКА

Исследованиями ряда авторов выявлены случаи наличия серопозитивных животных на территории таких стран, как Турция, Иран, Ирак, Саудовская Аравия, Иордания и Ливан, при этом отмечается генетическое разнообразие вирусов АЭК. Профилактические меры носят весьма ограниченный характер [48, 49, 50].

Турция. В этой стране нет общенациональной федеральной программы по ликвидации АЭК. Мониторинг и контроль осуществляются на местном уровне, преимущественно в аккредитованных государственных и частных ветеринарных организациях и лабораториях.

При обследовании 808 коз из трех государственных и семи частных ферм антитела к вирусу АЭК были обнаружены лишь у 1,9% (16 образцов), причем большинство случаев пришлось на государственные хозяйства [51]. Мониторинг, проведенный в провинции Сирут, показал отсутствие антител к вирусу АЭК у исследованных животных, что свидетельствует о низкой распространенности инфекции [52]. Из шести различных провинций региона Хатай в двух из них при использовании РИД и конкурентного ИФА серопозитивность составила 1,03% [53]. Эти результаты согласуются с предыдущими исследованиями в Турции.

Хотя в стране нет централизованной программы, на практике применяются меры, проверенные в других странах:

- диагностическое тестирование животных;
- ограничение контакта с серопозитивными животными;
- при ввозе животных из других хозяйств внутри страны или из-за рубежа проводится обязательная ветеринарная проверка и серологическая диагностика.

Иран. Впервые вирус АЭК в этой стране выявлен в 2014 г. методом ПЦР у 15,7% из 95 протестированных коз [49]. В Иране не существует централизованных или государственных программ по ликвидации АЭК. Профилактические мероприятия направлены на мониторинг и исследования.

Ирак. Первое упоминание об обнаружении вируса АЭК на территории Ирака появилось в 2022 г.: исследователи из Al-Qasim Green University провели ПЦР-анализ 85 образцов крови коз, из которых 5 (5,9%) оказались положительными [50]. На данный момент в открытых источниках нет данных о специализированных государственных программах по контролю или ликвидации АЭК.

Саудовская Аравия. Официальных государственных программ по искоренению АЭК не существует. В 1990 г. было проведено серологическое исследование местных овец на наличие антител к вирусу АЭК, по результатам которого серопозитивность составила лишь 0,8% [54].

Иордания. В 2006 г. исследовали 1100 голов коз из 69 стад: 23,2% стад имели серопозитивных животных, заболеваемость составила 8,9% [55]. Следует отметить, что в Иордании национальной государственной программы по эрадикации АЭК не существует.

Ливан. На текущий момент отсутствуют достоверные данные о наличии в этой стране национальной государственной программы по искоренению АЭК. Исследованиями в 2015 г. установлено, что среди всего обследованного поголовья коз уровень серопозитивности составил 13,1%, при этом в 51,7% стад были обнаружены инфицированные животные. Местные породы, такие как Baladi, демонстрировали высокую устойчивость к инфекции [56].

В странах Азиатского региона регулярно проводятся научные диагностические исследования, выявившие ряд локальных генетических кластеров SRLV.

Китай. В 2024 г. в Восточном Китае было проведено исследование, по результатам которого серопозитивными оказались около 0,8% животных [57].

В Китае нет национальной программы, посвященной исключительно искоренению АЭК. Однако АЭК входит в перечень заболеваний, подлежащих обязательной регистрации и контролю. Основными мероприятиями по профилактике АЭК являются:

- диагностические обследования методом ИФА и при необходимости ПЦР-тестирование всех животных;
- изолированное содержание животных с неизвестным эпизоотическим статусом до получения отрицательных результатов;
- выбраковка серопозитивных животных;
- раздельное содержание серопозитивных и серонегативных животных;
- выпаивание козлят пастеризованным молозивом или молоком от серонегативных коз.

Япония. С 2002 по 2004 г. в стране было обследовано 3102 козы, при этом серопозитивность составила почти 20%. В 2006–2007 гг. при исследовании проб от 857 животных из 113 стад в 28 префектурах доля серопозитивных животных в 15% стад была равна 10% [58].

В Японии отсутствует национальная программа по искоренению АЭК, однако контроль ведется на уровне всех регионов при поддержке научно-исследовательских институтов, в частности Национального института здоровья животных (NIAH), который осуществляет научно обоснованный мониторинг и диагностику на национальном уровне (РИД, ПЦР, ИФА), а также дает рекомендации и осуществляет поддержку фермеров совместно с государственными ветеринарными службами.

Индия. Согласно исследованиям 2015 г., серопревалентность в популяции коз в разных штатах составила 3,33% (12 коз из 360), при этом в некоторых районах были выявлены животные с клиническими проявлениями заболевания [59].

В стране отсутствует национальная программа борьбы с АЭК. Контроль осуществляется за счет региональных инициатив, включающих в себя следующие мероприятия: скрининг и диагностика (РИД, ИФА, ПЦР), изолированное содержание серопозитивных животных, выпаивание козлят пастеризованным молоком, гигиена оборудования.

СТРАНЫ АФРИКИ

На территории ряда стран Африканского континента подтверждена циркуляция вируса АЭК, однако систематический контроль и диагностический охват остаются недостаточными.

Алжир. В исследовании, проведенном в 2013–2015 гг. методом ИФА, у 29,7% животных были обнаружены антитела к возбудителю АЭК [60].

Судан. В 2009 и 2010 гг. в пяти штатах страны при обследовании животных с использованием ИФА уровень серопозитивности составил 5,8% [61].

Эфиопия. В 2013–2019 гг. в нескольких районах штата Амхара методом ИФА от общего количества обследованных выявлено 4,7% серопозитивных образцов [62].

При анализе данных из доступных источников установлено, что ни в одной стране континента национальных программ по искоренению АЭК не существует, а также отсутствует практика массового скрининга коз, пастеризации молока, изоляции или компенсации за убой животных.

СТРАНЫ ОКЕАНИИ

Австралия. АЭК был впервые зарегистрирован в Австралии в 1980-х гг. Согласно данным за 1995 г., серопозитивность среди коз в 14 молочных хозяйствах штата Новый Южный Уэльс составила 56,8% [63]. Современная информация по распространенности АЭК ограничена, но считается, что за последние 30 лет доля серопозитивных животных значительно снизилась. В 2021 г. государственная организация AgriFutures Australia опубликовала отчет Development of innovative tools for the detection and control of caprine arthritis encephalitis virus, целью которого были разработка и внедрение инновационных и недорогих методов диагностики (серологических и молекулярных) для выявления и контроля заболеваемости АЭК в австралийских хозяйствах [64].

В 2022 г. Австралийская ветеринарная ассоциация (AVA) и Австралийская организация по охране здоровья животных (АНА) создали программу GoatMAP, которая представляет собой схему для отслеживания, управления, контроля и минимизации распространения АЭК и паратуберкулеза коз на добровольной основе [65].

Был разработан Национальный план по выращиванию молодняка (National Kid Rearing Plan). Согласно основным положениям данного плана, для профилактики и ликвидации АЭК в Австралии применяются следующие меры.

1. Идентификация животных: все козы на фермах должны быть зарегистрированы, и их перемещение по стране должно строго отслеживаться и вноситься в систему GoatMAP.

2. Обязательное ведение справки о состоянии здоровья, которая находится в открытом доступе и хранится в течение семи лет.

3. Регулярное проведение (раз в два года) проверок животных, владельцы которых зарегистрированы в программе.

4. Гигиена выращивания козлят: сразу после окота козленка изолируют и содержат отдельно от козы; для выкармливания используют пастеризованное молоко или молозиво от серонегативных коз, чтобы избежать вертикальной передачи вируса.

5. Раздельное содержание: серонегативные и серопозитивные животные содержатся отдельно для предотвращения распространения инфекции.

6. Тестирование: регулярный серологический скрининг коз для выявления инфицированных животных; свободным от АЭК считается хозяйство, животные которого (козы старше 6 мес.) с интервалом в 6 мес. имели два отрицательных результата на АЭК в ИФА.

7. Выбраковка: серопозитивные животные с клиническими признаками заболевания подлежат выбраковке [66].

Новая Зеландия. Согласно данным Министерства сырьевой промышленности (МПИ), вирус АЭК впервые был зафиксирован в начале 1980-х гг. и с тех пор стал устойчиво присутствовать в популяции коз. Хотя конкретные цифры серопревалентности официально не публикуются, МПИ подчеркивает, что заболевание встречается редко, и это отражается в формулировке «низкая распространенность». В настоящее время АЭК находится под контролем благодаря строгим требованиям к экспортным и племенным хозяйствам, при этом в стране применяется комплексный подход, направленный на контроль и искоренение АЭК [67].

В стране действует программа добровольной аккредитации в Новозеландской ассоциации заводчиков молочных

коз (NZDGBA) свободных от артрита-энцефалита стад, по которой все козы старше одного года проходят ежегодное тестирование на протяжении трех лет. После трех последовательных отрицательных результатов интервал между тестами увеличивается до трех лет. Цель – постепенно создать в Новой Зеландии зарегистрированные стада, гарантированно не инфицированные вирусом АЭК [68].

Ветеринарные рекомендации для фермеров включают следующие меры: отъем козлят сразу после рождения, выкармливание заменителями молока/молозива или молоком от проверенных АЭК-отрицательных коз; разделение стада на серонегативных и серопозитивных; доение серонегативных коз первыми с использованием отдельного оборудования; тестирование новых животных перед введением в стадо; создание закрытых стад (без ввоза новых животных); убой серопозитивных коз в коммерческих хозяйствах [69].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных источников показывает, что вирусный артрит-энцефалит коз широко распространен в мире. В борьбе с данным заболеванием наиболее эффективные результаты достигнуты в странах, где разработаны обязательные государственные программы, включающие комплекс профилактических, диагностических и административных мер. Примером такой модели являются программы Норвегии и Швейцарии. Их успех обусловлен следующими факторами:

- обязательное участие всех владельцев коз;
- централизованный контроль и координация на национальном уровне;
- обязательная выбраковка инфицированных животных;
- изоляция молодняка и использование пастеризованного молока;
- регулярный серологический мониторинг и четкий учет статуса хозяйств.

В странах с добровольным участием в программах оздоровления (Австралия, Новая Зеландия, Канада, отдельные регионы Италии и Франции) также наблюдаются положительные результаты, особенно при наличии продуманной структуры стимулирующих механизмов и образовательной поддержки владельцев животных.

В странах с отсутствием координированных государственных программ (Турция, Бразилия, Иран, большинство африканских стран) уровень контроля за распространением заболевания остается низким, а уровень серопревалентности – высоким.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Колбасова О. Л., Беспалова Т. Ю., Корогодина Е. В., Краснова Е. А. Артрит-энцефалит коз: актуальные вопросы ранней диагностики. *Ветеринария Кубани*. 2023; (2): 23–25. <https://elibrary.ru/fbcemv>
2. Kolbasova O. L., Bepalova T. Yu., Korogodina E. V., Krasnova E. A. Caprine arthritis encephalitis: early diagnostics topical issues. *Veterinariya Kubani*. 2023; (2): 23–25. <https://elibrary.ru/fbcemv> (in Russ.)
3. Gjerset B., Storset A. K., Rimstad E. Genetic diversity of small ruminant lentiviruses: Characterization of Norwegian isolates of caprine arthritis encephalitis virus. *Journal of General Virology*. 2006; 87 (3): 573–580. <https://doi.org/10.1099/vir.0.81201-0>
4. Zanon R. G. Phylogenetic analysis of small ruminant lentiviruses. *Journal of General Virology*. 1998; 79 (8): 1951–1961. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-79-8-1951>
5. Smith M. C., Sherman D. M. *Goat Medicine*. 3rd ed. Ames: Wiley-Blackwell; 2023. 976 p. <https://doi.org/10.1002/9781119382775>
6. Sheep and Goat Medicine. Ed. by D. G. Pugh, A. N. Baird. 2nd ed. St. Louis: Saunders; 2012. 640 p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-60474-8>
7. Matthews J. G. *Diseases of the Goat*. 4th ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2016. 432 p. <https://doi.org/10.1002/9781119073543>
8. Minguijón E., Reina R., Pérez M., Polledo L., Villoria M., Ramírez H., et al. Small ruminant lentivirus infections and diseases. *Veterinary Microbiology*. 2015; 181 (1–2): 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.08.007>

8. Murphy F. A., Gibbs E. P. J., Horzinek M. C., Studdert M. J. *Veterinary Virology*. 3rd ed. Academic Press; 1999. 629 p.
9. Harwood D. *Veterinary Guide to Goat Health and Welfare*. Crowood Press; 2019. 224 p.
10. Peterhans E., Greenland T., Badiola J., Harkiss G., Bertoni G., Amorena B., et al. Routes of transmission and consequences of small ruminant lentiviruses (SRLVs) infection and eradication schemes. *Veterinary Research*. 2004; 35 (3): 257–274. <https://doi.org/10.1051/vetres:2004014>
11. Narayan O., Clements J. E. Biology and pathogenesis of lentiviruses. *Journal of General Virology*. 1989; 70 (7): 1617–1639. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-70-7-1617>
12. Blacklaws B. A., Berriatua E., Torsteinsdottir S., Watt N. J., de Andres D., Klein D., Harkiss G. D. Transmission of small ruminant lentiviruses. *Veterinary Microbiology*. 2004; 101 (3): 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2004.04.006>
13. Kaba J., Czopowicz M., Ganter M., Nowicki M., Witkowski L., Nowicka D., Szaluś-Jordanow O. Risk factors associated with seropositivity to small ruminant lentiviruses in goat herds. *Research in Veterinary Science*. 2013; 94 (2): 225–227. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.09.018>
14. Brülisauer F., Vogt H.-R., Perler L., Rüfenacht J. Risk factors for the infection of Swiss goat herds with small ruminant lentivirus: a case-control study. *Veterinary Record*. 2005; 157 (8): 229–233. <https://doi.org/10.1136/vr.157.8.229>
15. Shah C., Huder J. B., Böni J., Schönmann M., Mühlherr J., Lutz H., Schüpbach J. Direct evidence for natural transmission of small-ruminant lentiviruses of subtype A4 from goats to sheep and vice versa. *Journal of Virology*. 2004; 78 (14): 7518–7522. <https://doi.org/10.1128/JVI.78.14.7518-7522.2004>
16. Pisoni G., Bertoni G., Puricelli M., Maccalli M., Moroni P. Demonstration of coinfection with and recombination by caprine arthritis-encephalitis virus and maedi-visna virus in naturally infected goats. *Journal of Virology*. 2007; 81 (10): 4948–4955. <https://doi.org/10.1128/jvi.00126-07>
17. Mordasini F., Vogt H.-R., Zahno M. L., Maeschli A., Nenci C., Zanoni R., et al. Analysis of the antibody response to an immunodominant epitope of the envelope glycoprotein of a lentivirus and its diagnostic potential. *Journal of Clinical Microbiology*. 2006; 44 (3): 981–991. <https://doi.org/10.1128/JCM.44.3.981-991.2006>
18. Cardinaux L., Zahno M.-L., Deubelbeiss M., Zanoni R., Vogt H.-R., Bertoni G. Virological and phylogenetic characterization of attenuated small ruminant lentivirus isolates eluding efficient serological detection. *Veterinary Microbiology*. 2013; 162 (2–4): 572–581. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.11.017>
19. Ramírez H., Reina R., Amorena B., de Andrés D., Martínez H. A. Small ruminant lentiviruses: genetic variability, tropism and diagnosis. *Viruses*. 2013; 5 (4): 1175–1207. <https://doi.org/10.3390/v5041175>
20. Adams D. S., Oliver R. E., Ameghino E., DeMartini J. C., Verwoerd D. W., Houwers D. J., et al. Global survey of serological evidence of caprine arthritis-encephalitis virus infection. *Veterinary Record*. 1984; 115 (19): 493–495. <https://doi.org/10.1136/vr.115.19.493>
21. Norwegian Veterinary Institute. The surveillance programme for small ruminant lentivirus infections in sheep and goats in Norway 2018–2022. Oslo: Vetinst; 2023. <https://www.vetinst.no/overvaking/maedi-cae-sau-geit>
22. Norwegian University of Life Sciences. Healthier Goats disease eradication programme: final report 2001–2015. Ås: Health Services for Goat; 2015. <https://nmbu.brage.unit.no/xmlui/handle/11250/2496982>
23. Nagel-Alne G. E., Asheim L. J., Hardaker J. B., Sølverød L., Lindheim D., Valle P. S. The Norwegian Healthier Goats programme – a financial cost-benefit analysis. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014; 114 (2): 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.02.002>
24. Küker S. Die Ausrottung der Caprinen Arthritis-Enzephalitis in der Schweiz: Ein Paradebeispiel für erfolgreiche Tierseuchenbekämpfung. Bern: Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV); 2019. 10 p. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/tiere/tierseuchen/uebersicht-seuchen/alle-tierseuchen/cae.html> (in German)
25. Thomann B., Falzon L. C., Bertoni G., Vogt H. R., Schüpbach-Regula G., Magouras I. A census to determine the prevalence and risk factors for caprine arthritis-encephalitis virus and visna/maedi virus in the Swiss goat population. *Preventive Veterinary Medicine*. 2017; 137 (Pt. A): 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.12.012>
26. Schweizerischen Ziegenzuchtverband (SZZV). Tierseuchenverordnung – CAE bei Ziegen. 2018. <https://www.kleinwiederkaeuer.ch/de/kleinwiederkaeuer/ziegen.html> (in German)
27. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. Tiergesundheitsstrategie Schweiz 2022+. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/das-blv/strategien/tiergesundheitsstrategie-schweiz.html> (in German)
28. GDS France. Des recommandations pour la maîtrise du CAEV et l'assainissement des troupeaux. GDS BFC; 2023. https://www.gdsbfc.org/assets/files/CAEV_guide_maitrise%20et%20assainissement_GDS%20France%2001_06_23.pdf (in French)
29. Santé Chèvres. Plan de qualification sanitaire des élevages caprins. 2022. https://sante-chevres.fr/IMG/pdf/2022.06.09.cscgo-plan_de_qualification_sanitaire_des_elevages_caprins.pdf (in French)
30. Tavella A., Bettini A., Ceol M., Zambotto P., Stifter E., Kusstatscher N., et al. Achievements of an eradication programme against caprine arthritis encephalitis virus in South Tyrol, Italy. *Veterinary Record*. 2018; 182 (2):51. <https://doi.org/10.1136/vr.104503>
31. Nardelli S., Bettini A., Capello K., Bertoni G., Tavella A. Eradication of caprine arthritis encephalitis virus in the goat population of South Tyrol, Italy: analysis of the tailing phenomenon during the 2016–2017 campaign. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2020; 32 (4): 589–593. <https://doi.org/10.1177/1040638720934055>
32. Contreras A., Corrales J. C., Sánchez A., Adúriz J. J., González L., Marco J. Caprine arthritis-encephalitis in an indigenous Spanish breed of dairy goat. *Veterinary Record*. 1998; 142 (6): 140–142. <https://doi.org/10.1136/vr.142.6.140>
33. Eurostat. Livestock population in numbers. May 17, 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220517-2>
34. Moog U., Einax E., König P. Grundlagen der Bekämpfung von Maedi/Visna und CAE sowie Problemfälle aus der serologischen Diagnostik. *Krankheiten kleiner Wiederkäuer*. 2021; 13–20. https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00044301/SD202177253.pdf (in German)
35. Crawford T. B., Adams D. S. Caprine arthritis-encephalitis: clinical features and presence of antibody in selected goat populations. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1981; 178 (7): 713–719. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6259112>
36. Cutlip R. C., Lehmkuhl H. D., Sacks J. M., Weaver A. L. Prevalence of antibody to caprine arthritis-encephalitis virus in goats in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1992; 200 (6): 802–805. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1314795>
37. The Minnesota Project: OPP Eradication Trial, Fall 2013 – Fall 2017. <https://www.bah.state.mn.us/sites/default/files/documents/opp-eradication-trial.pdf>
38. Iowa State University Extension and Outreach. Dairy Goats. <https://www.extension.iastate.edu/4h/dairy-goats>
39. Metzger M. Michigan State University. Caprine arthritic encephalitis virus in goats. October 31, 2018. <https://www.canr.msu.edu/news/caprine-arthritic-encephalitis-virus-in-goats>
40. Passler T., Bayne J., Brady B. Biosecurity & Disease Prevention in Dairy Goats. Alabama A&M and Auburn Universities. December 7, 2018. <https://www.aces.edu/blog/topics/farming/biosecurity-disease-prevention-in-dairy-goats>
41. Washington Animal Disease Diagnostic Laboratory (Washington State University). CAE (Caprine Arthritis Encephalitis). <https://waddl.vetmed.wsu.edu/2023/02/07/cae-caprine-arthritis-encephalitis>
42. United States Department of Agriculture (USDA), Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Sheep and Goat Disease. <https://www.aphis.usda.gov/livestock-poultry-disease/sheep-goat>
43. Minnesota Board of Animal Health. Healthy Sheep and Goats. Ovine Progressive Pneumonia (OPP) – Caprine Arthritis Encephalitis (CAE). <https://www.bah.state.mn.us/sites/default/files/documents/OPP-Program-Guidelines.pdf>
44. Ontario Goat. Caprine Arthritis Encephalitis Part Two: Preventing and Controlling CAE. <https://ontariogoat.ca/goat-gazette/caprine-arthritis-encephalitis-part-two-preventing-and-controlling-cae>
45. Embrapa Caprinos e Ovinos. Artrite Encefalite Caprina (CAE). <https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/zoosanitario-cae> (in Portuguese)
46. Panei C. J., Gos M. L., Valera A. R., Galosi C. M., Echeverria M. G. First isolation and nucleotide comparison of the gag gene of the caprine arthritis encephalitis virus circulating in naturally infected goats from Argentina. *Open Veterinary Journal*. 2017; 7 (1): 32–35. <https://doi.org/10.4314/ovj.v7i1.5>
47. Trezeguet M. A., Debenedetti R. T., Suarez M. F., Barral L. E., Ramos M. Detección de la artritis-encefalitis caprina, en majadas generales, en Argentina. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicas/enfermedades_caprinos/41-Artritis.pdf (in Spanish)
48. Hamzah K. J., Mosa A. H. Clinical and serological diagnosis of caprine arthritis encephalitis virus (CAEV) in goats of middle Iraq regions. *Life Science Archives*. 2020; 6 (1): 1771–1777. <https://jpscientificpublications.com/jpsadmin/uploads/attachments/dac239b961d9c0677e79e13a5fb999cb.pdf>
49. Kojouri G. A., Emami M., Momtaz H. The first molecular detection of caprine arthritis encephalitis virus (CAEV) in Iran. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 2014; 5 (3):1000184. <https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-first-molecular-detection-of-caprine-arthritis-encephalitis-virus-caev-in-iran-2157-7579.1000184.pdf>
50. Mosa A. H., Hamzah K. J., Aljabory H. A. H. First study on the molecular prevalence of caprine arthritis encephalitis virus in goats in Babylon,

- Iraq. *Veterinary World*. 2022; 15 (4): 1129–1133. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1129-1133>
51. Burgu I., Akça Y., Alkan F., Ozkul A., Karaoğlu T., Cabalar M. Antibody prevalence of caprine arthritis encephalitis virus (CAEV) in goats in Turkey. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*. 1994; 101 (10): 390–391. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7851298>
52. Çelik Ö. Y., Akgül G., Irak K. Investigation of seroprevalence of maedi-visna and caprine arthritis encephalitis in sheep and goats in Siirt province. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2018; 13 (3): 274–277. <https://doi.org/10.17094/ataunivbd.348533>
53. Aslantaş Ö., Özyörük F., Pınar D., Güngör B. Serological survey for caprine arthritis-encephalitis virus in Damascus and Kilis goats in Hatay, Turkey. *Revue de Médecine Veterinaire*. 2005; 156 (7): 402–404. <http://hdl.handle.net/11452/24276>
54. Alluwaimi A. M., Abu Elzein E. M., Hassanein M. M. Caprine arthritis-encephalitis antibodies in indigenous sheep in Saudi Arabia. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*. 1990; 43 (4): 444–445. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1966759>
55. Al-Qudah K., Al-Majali A. M., Ismail Z. B. Epidemiological studies on caprine arthritis-encephalitis virus infection in Jordan. *Small Ruminant Research*. 2006; 66 (1–3): 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.020>
56. Tabet E., Hosri C., Abi-Rizk A. Caprine arthritis encephalitis virus: prevalence and risk factors in Lebanon. *Revue Scientifique et Technique*. 2015; 34 (3): 915–921. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27044161>
57. Tian Y., Zhang H., Zhang Y., Zhang X., Guan Z., Zhang J., et al. Detection and phylogenetic analysis of caprine arthritis encephalitis virus using TaqMan-based qPCR in Eastern China. *Veterinary Sciences*. 2024; 11 (3): 138. <https://doi.org/10.3390/vetsci11030138>
58. Konishi M., Hayama Y., Shirafuji H., Kameyama K., Murakami K., Tsutsui T., Akashi H. Serological survey of caprine arthritis-encephalitis virus infection in Japan. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 2016; 78 (3): 447–450. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0357>
59. Waseem A., Pawaiya R. V. S., Singh R., Gupta V. K., Rajukumar K., Mir M. S., Aamir S. Seroprevalence of caprine arthritis encephalitis virus infection (CAEV) in Indian goats. *Indian Journal of Veterinary Pathology*. 2015; 39 (1): 15–19. <https://doi.org/10.5958/0973-970X.2015.00004.8>
60. Idres T., Lamara A., Temim S., Boudjellaba S., Gagnon J., Chebloune Y. Serological diagnosis of lentivirus infection in goats raised in Algeria. *Journal of Veterinary Research*. 2019; 63 (1): 27–33. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2019-0001>
61. Elfahal A. M., Hussien M. O., Enan Kh. A., Taha Kh. M., Salih D. A., Halfawi R. H. Investigation of caprine arthritis-encephalitis virus in Sudan using competitive enzyme-linked immunosorbent assay. *Veterinary World*. 2013; 6 (8): 558–562. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2013.558-562>
62. Alamerew E. A., Demis C., Asfaw T., Gameda B. A., Asres F. A., Yitagesu E., et al. Serological evidence of caprine arthritis encephalitis in North She-wa Zone, Ethiopia: clinical case analysis. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2022; 13: 287–297. <https://doi.org/10.2147/vmrrs378605>
63. Greenwood P. L., North R. N., Kirkland P. D. Prevalence, spread and control of caprine arthritis-encephalitis virus in dairy goat herds in New South Wales. *Australian Veterinary Journal*. 1995; 72 (9): 341–345. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1995.tb07538.x>
64. Finlaison D. S., Kirkland P. D. Development of innovative tools for the detection and control of caprine arthritis encephalitis virus. *AgriFutures Australia*; 2021. <https://agrifutures.com.au/wp-content/uploads/2021/07/21-083.pdf>
65. Animal Health Australia. GoatMAP: CAEMAP (Caprine Arthritis Encephalitis). Version 1.2. August 2024. https://animalhealthaustralia.com.au/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/08/GoatMAP_CAEMAP_August2024.pdf
66. Animal Health Australia; Goat Industry Council of Australia. National Kid Rearing Plan. 2016. <https://www.farmbiosecurity.com.au/wp-content/uploads/2019/04/National-Kid-Rearing-Plan-2016.pdf>
67. Ministry for Primary Industries. Import Risk Analysis. Imported Seropositive Animals: Assurance provided by serological tests. 1999. <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/2848-Imported-seropositive-animals-Assurance-provided-by-serological-tests-Import-risk-analysis-July-1999->
68. New Zealand Dairy Goat Breeders Association. Policies and procedures. <https://www.nzdgba.co.nz/policies-procedures>
69. Morrinsville Veterinary Clinic. CAE: Caprine Arthritis Encephalitis Virus. 2023. <https://www.vetclinicmorrinsville.co.nz/blog/post/109785/caprine-arthritis-encephalitis-virus-cae>

Поступила в редакцию / Received 17.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.11.2025

Принята к публикации / Accepted 26.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коптев Вячеслав Юрьевич, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией болезней молодняка ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, р. п. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0537-6659>, kastrolog@mail.ru

Лихачева Наталья Олеговна, ветеринарный врач, руководитель образовательных проектов ВАСС, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-3087-4126>, nk81@mail.ru

Шкиль Николай Алексеевич, д-р вет. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории болезней молодняка ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, р. п. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5124-2208>, shkil52@mail.ru

Юркова Ирина Михайловна, ветеринарный специалист по мелкому рогатому скоту, руководитель комитета по благополучию животных ВАСС, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0009-1130-971X>, ohmygoats@outlook.com

Vyacheslav Yu. Koptev, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Head of the Laboratory of Diseases of Young Animals, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East, Krasnoobsk, Novosibirsk Oblast, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0537-6659>, kastrolog@mail.ru

Natalia O. Likhacheva, Veterinarian, Head of Educational Projects, Veterinary Association of Agricultural Specialists, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-3087-4126>, nk81@mail.ru

Nikolay A. Shkil, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Diseases of Young Animals, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East, Krasnoobsk, Novosibirsk Oblast, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5124-2208>, shkil52@mail.ru

Irina M. Yurkova, Veterinarian specialized in small ruminants, Head of the Committee for Animal Welfare, Veterinary Association of Agricultural Specialists, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0009-1130-971X>, ohmygoats@outlook.com

Вклад авторов: Коптев В. Ю. – написание и редактирование текста; Лихачева Н. О. – поиск информации, перевод иностранных текстов, написание текста; Шкиль Н. А. – редактирование текста; Юркова И. М. – поиск и работа с зарубежными источниками литературы, написание текста, перевод иностранных статей и нормативных актов.

Contribution of the authors: Koptev V. Yu. – text drafting and editing; Likhacheva N. O. – search for information, translation, text drafting and formatting; Shkil N. A. – text editing; Yurkova I. M. – search and analysis of foreign publications, text drafting, translation of foreign articles and legal acts.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>
УДК 619:578.832.1:598.2:578.42:636.2



Межвидовая передача вируса гриппа птиц А(Н5N1) млекопитающим: уроки вспышек среди крупного рогатого скота в 2024–2025 гг.

Е. А. Краснова, Е. В. Корогодина, Д. А. Лунина

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Самарский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (СамНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В 2024–2025 гг. произошла серия вспышек высокопатогенного гриппа птиц А(Н5N1) среди молочного скота. Подобное изменение круга хозяев вируса повышает глобальные риски для животноводства и общественного здравоохранения, что требует усиления систем эпизоотологического мониторинга и контроля.

Цель исследования. Анализ эпизоотологических характеристик инфекции молочного скота и других млекопитающих, вызванной вирусом гриппа птиц А(Н5N1) в 2024–2025 гг., а также обобщение принятых мер реагирования и рекомендаций международных организаций.

Материалы и методы. Применялись аналитические методы исследований с использованием баз данных PubMed, Scopus, Web of Science, Springer, Wiley Online Library и материалов международных организаций (FAO, EFSA, WOAH, OFFLU, CDC).

Результаты. Вспышки гриппа птиц А(Н5N1), обусловленные вирусом клады 2.3.4.4b генотипов В3.13 и D1.1, среди молочного скота в 2024–2025 гг. произошли в результате трех установленных независимых случаев передачи возбудителя из популяции дикой птицы. Инфекция была выявлена на 1078 фермах у крупного рогатого скота в 17 штатах США. Зафиксирована последующая передача вируса домашней птице, диким и домашним животным, включая кошек, и людям (70 человек), в основном работникам ферм и птицефабрик, а также обратная передача возбудителя от коров к птицам. Повсеместное быстрое распространение вируса связано с массовыми перемещениями скота и недостаточностью мер обеспечения биобезопасности. Рекомендовано проводить исследования на грипп А(Н5) при дифференциальной диагностике заболеваний крупного рогатого скота, свиней, домашних и диких животных.

Заключение. Эпизоотия гриппа птиц А(Н5N1) среди крупного рогатого скота и передача инфекции другим млекопитающим демонстрирует серьезную угрозу для животноводства и общественного здоровья. В ответ на существующие риски необходимо усилить меры биобезопасности и надзор в эпидемиологически важных популяциях животных, учесть опыт других стран и наладить международное сотрудничество для изучения направлений эволюции вируса.

Ключевые слова: обзор, грипп птиц А(Н5N1), межвидовая передача, крупный рогатый скот, кошки, свиньи, биобезопасность, перемещение скота, молоко, эпизоотологический надзор

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦВиМ (тема № FGNM-2022-0004). Авторы благодарят рецензентов за экспертную оценку данной работы.

Для цитирования: Краснова Е. А., Корогодина Е. В., Лунина Д. А. Межвидовая передача вируса гриппа птиц А(Н5N1) млекопитающим: уроки вспышек среди крупного рогатого скота в 2024–2025 гг. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 13–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Краснова Елена Анатольевна, канд. биол. наук, заместитель директора СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия, krasnova@yandex.ru

Cross-species transmission of avian influenza A(H5N1) virus to mammals: lessons learnt from 2024–2025 outbreaks in cattle

Elena A. Krasnova, Elena V. Korogodina, Daria A. Lunina

Federal Research Center for Virology and Microbiology; Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara, 443013, Russia

ABSTRACT

Introduction. In 2024–2025, a number of high pathogenicity avian influenza A(H5N1) outbreaks were reported in dairy cattle. Such an expansion of the range of the virus hosts increases global risks for livestock farming and public health, which requires strengthening animal disease monitoring and control systems.

Objective. Analysis of the epizootological characteristics of avian influenza A(H5N1) virus infection in dairy cattle and other mammals in 2024–2025, as well as summary of the response measures taken and recommendations of international organizations.

Materials and methods. Analytical research methods were used utilizing PubMed, Scopus, Web of Science, Springer, Wiley Online Library databases and materials from international organizations (FAO, EFSA, WOAH, OFFLU, CDC).

Results. Outbreaks of avian influenza A(H5N1) caused by clade 2.3.4.4b virus of genotypes B3.13 and D1.1 in dairy cattle in 2024–2025 occurred as a result of three confirmed independent cases of the pathogen transmission from wild birds. The infection was detected on 1,078 cattle farms in 17 US states. Subsequent virus

© Краснова Е. А., Корогодина Е. В., Лунина Д. А., 2026

transmission to poultry, wild and domestic animals, including cats, as well as to humans (70 people), mainly those working on animal and poultry farms, was reported. Reverse transmission of the pathogen from cows back to birds was documented as well. Rapid and wide spread of the virus is associated with extensive animal movements and insufficient biosafety measures. Influenza A(H5) is recommended for the inclusion in the differential diagnosis for cattle, pigs, domestic and wild animals.

Conclusion. Avian influenza A(H5N1) epizootic in cattle and the infection transmission to other mammals pose a serious threat to livestock production and public health. In response to the existing risks, it is necessary to strengthen biosafety measures and surveillance in epidemiologically significant animal populations, incorporate the experience of other countries and establish international cooperation to study the trends of the virus evolution.

Keywords: review, avian influenza A(H5N1), cross-species transmission, cattle, cats, pigs, biosafety, animal movement, milk, epizootological surveillance

Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the state assignment for the Federal Research Center for Virology and Microbiology (No. FGNM-2022-0004). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this paper.

For citation: Krasnova E. A., Korogodina E. V., Lunina D. A. Cross-species transmission of avian influenza A(H5N1) virus to mammals: lessons learnt from 2024–2025 outbreaks in cattle. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 13–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-13-19>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Elena A. Krasnova, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia, krasnovaficvim@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Весьма тревожным событием последних лет является регистрируемое по всему миру обнаружение возбудителя высокопатогенного гриппа птиц (ВГП) у млекопитающих (рис.). Ранее рассматриваемый в первую очередь как угроза для домашней птицы, ВГП установил «новую норму», проявляющуюся в передаче млекопитающим [1, 2, 3]. С 2022 г. сообщается о значительном увеличении числа случаев выявления гриппа птиц H5 среди наземных животных (лисы, еноты, норки, медведи, тигры, рыси, горностаи, белки и др.) и водных млекопитающих (дельфины, тюлени, морские львы, моржи и др.) [4]. В 2023 г. впервые было зафиксировано распространение ВГП от инфицированных вирусом диких млекопитающих Северной и Южной Америки в Антарктиду [5]. Сообщалось о массовой гибели животных: от сотен до тысяч морских львов в Перу, Аргентине, Уругвае и Бразилии, морских котиков в Чили и Бразилии и морских слонов в Аргентине [3, 6]. В начале 2024 г. в субантарктической зоне была зарегистрирована массовая гибель южных морских слонов и морских котиков от ВГП, чему, вероятно, способствовали их колониальный образ жизни и высокая восприимчивость к возбудителю [7]. В 2024 г. увеличилось количество случаев инфицирования вирусом ВГП домашних животных (кошек) и людей от домашнего скота, включая крупный рогатый (КРС), что указывает на сохраняющуюся угрозу передачи возбудителя гриппа птиц от млекопитающих к млекопитающим и представляет значительный риск дальнейшей мутации вируса и приобретения способности передаваться от человека к человеку [8].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (FAO), в I квартале 2025 г. вирус гриппа подтипа H5Nx был выделен у млекопитающих почти 100 видов, преимущественно плотоядных. Таким образом, за относительно короткий период (2021–2025 гг.) с момента широкого распространения возбудителя ВГП подтипа H5Nx произошло удвоение количества восприимчивых видов млекопитающих и диких птиц¹. Расширение спектра восприимчивых видов млекопитающих и ареала географического распространения вируса увеличивают риск его передачи человеку, согласно данным Всемирной организации здравоохранения животных (WOAH). Поэтому крайне важно регулярно проводить эпизоотологический мониторинг по гриппу птиц и соблюдать меры биологической безопасности, особенно в отношении новых и нетипичных хозяев вируса [6].

¹ Global avian influenza viruses with zoonotic potential situation update: Bird & mammal species affected by H5Nx HPAI. <https://www.fao.org/animal-health/situation-updates/global-aiv-with-zoonotic-potential/bird-species-affected-by-h5nx-hpai/en>

Нарастанию риска межвидового перехода возбудителя ВГП к новым видам млекопитающих и от млекопитающих к человеку способствуют высокая активность циркуляции вируса A(H5N1), повышение генетического разнообразия представителя клады 2.3.4.4, накопление мутаций, которые приводят к адаптации к млекопитающим (включая усиление вирусной репликации и изменение вирулентности, хозяин-специфической полимеразной активности, в том числе связывание с $\alpha 2,6$ -рецепторами сиаловой кислоты по человеческому типу и др.), в генных сегментах, кодирующих ключевой поверхностный белок – гемагглютинин (HA), другой поверхностный белок – нейраминидазу (NA), белки матрикса (M1 и M2), нуклеопротеин (NP), основную полимеразу 2 (PB2) [9, 10, 11, 12].

Особого внимания к проблеме преодоления вирусом межвидового барьера и роста его пандемического потенциала требуют случаи заражения млекопитающих, находящихся в тесном контакте с человеком. К ним относятся сельскохозяйственные (КРС, свиньи) и домашние животные (кошки) [8, 9, 13, 14, 15].

С целью изучения эпизоотологических характеристик инфекции молочного скота и других млекопитающих, вызванной вирусом гриппа птиц A(H5N1) в 2024–2025 гг., а также принятых мер реагирования и рекомендаций международных организаций был проведен анализ доступной научной литературы и материалов таких международных организаций, как ВОАН, FAO, Европейское агентство по безопасности продуктов питания (EFSA), Глобальная сеть экспертов ВОАН/FAO по гриппу животных (OFFLU), Центр по контролю и профилактике заболеваний США (CDC). Анализ актуального эпизоотологического профиля и опыта по борьбе с ВГП необходим для совершенствования комплексного контроля данного заболевания.

ВСПЫШКИ ГРИППА ПТИЦ СРЕДИ МОЛОЧНОГО СКОТА В США

Инфицирование вирусом гриппа A(H5) КРС представляет собой резкое изменение круга хозяев возбудителя и эпизоотологического профиля, приводящее к устойчивой передаче патогена от одного млекопитающего к другому и повышенному риску для диких и домашних животных, а также работников сельского хозяйства, что представляет опасность для общественного здравоохранения [14]. По мнению FAO, обнаружение вируса у молочного скота и случаи инфицирования среди работников ферм, контактировавших с зараженными животными, подчеркивают необходимость усиления систем эпизоотологического мониторинга и контроля [16].

В марте 2024 г. после сообщений о нехарактерных симптомах у молочного скота в США вирус гриппа A(H5N1) клады

2.3.4.4b генотипа В3.13 был выделен из образцов непастеризованного молока и мазков из ротоглотки КРС [13]. Возбудитель гриппа птиц генотипа В3.13 является реассортантом европейского высокопатогенного штамма вируса подтипа H5N1 и североамериканского низкопатогенного штамма [1]. Секвенирование и филогенетический анализ выделенных штаммов вируса показали, что первоначально имел место однократный случай передачи указанного патогена (генотип В3.13) от дикой птицы к КРС в конце 2023 – начале 2024 г., после чего последовало широкое и быстрое его распространение по территории США, в основном связанное с особенностями ведения скотоводства в стране. Зафиксирована последующая передача вируса гриппа А(H5N1) генотипа В3.13 от инфицированного КРС диким птицам, домашним птицам (куры), диким млекопитающим (еноты), синантропным грызунам (мыши), домашним животным (кошки) и людям, работникам ферм и птицефабрик. Кроме того, была зарегистрирована обратная передача вируса от коров к птицам [17].

В начале 2025 г. были подтверждены второй и третий независимые случаи передачи высокопатогенного вируса гриппа клады 2.3.4.4b от дикой птицы к КРС, при этом возбудитель относился к генотипу D1.1². В настоящее время генотип D1.1 является наиболее часто обнаруживаемым генотипом в Северной Америке, который поражает дику и домашнюю птицу, а также млекопитающих.

На сайте Министерства сельского хозяйства США обновляется карта с количественным и территориальным (с указанием штата) распространением случаев ВГП у животных (КРС, свиньи, альпаки)³. По состоянию на 1 августа 2025 г. в 17 штатах зарегистрировано инфицирование вирусом ВГП 1078 стад КРС. На сайте CDC отображена актуальная ситуация среди людей⁴. На 7 июля 2025 г. у 70 человек (в основном сотрудников ферм и птицефабрик) подтвердилось заражение вирусом гриппа птиц. Пока риск для общественного здравоохранения оценивается как низкий.

Широкое распространение высокопатогенного вируса гриппа А(H5N1) среди КРС ставит под сомнение устоявшиеся теории экологической динамики гриппа и указывает на значительные пробелы в системе глобальной готовности реагирования на подобные биологические угрозы, требуя принятия незамедлительных мер по устранению выявленных недостатков [14].

Пути передачи инфекции и факторы риска. Передача вируса внутри ферм в основном происходила через зараженное молоко и в процессе доения (через доильные аппараты), а не респираторным путем [18], в то время как распространение от фермы к ферме в основном связано с перемещением скота и использованием общего оборудования [13]. Было показано, что на доильных аппаратах вирус гриппа А (H5N1) в сыром молоке от инфицированных животных сохраняет инфекционность в течение нескольких часов и обнаруживается в пробах окружающей среды из доильных залов, что подчеркивает риск не прямой передачи возбудителя во время рутинного доения. Однако в экспериментальных условиях при длительном совместном содержании (14 дней) инфицированных и контрольных коров, а также при совместном использовании доильного оборудования не удалось воспроизвести передачу вируса [19]. В ходе



Рис. Географическое распространение ВГП среди млекопитающих в 2022–2025 гг. (на карте указаны основные семейства млекопитающих, среди которых были зарегистрированы вспышки инфекции за указанный период; по данным World Animal Health Information System на 01.08.2025)

Fig. Geographic distribution of high pathogenicity avian influenza (HPAI) in mammals, 2022–2025 (symbols on the map indicate main mammalian families affected by HPAI outbreaks during this period; World Animal Health Information System, 01 August 2025)

проведения модельного эксперимента подтверждена возможность заражения телят алиментарным путем при кормлении сырым молоком от коров, инфицированных высокопатогенным вирусом гриппа подтипа H5N1 генотипа В3.13 [20]. При этом клинические признаки у телят были слабовыраженными (выделения из носа, незначительная лихорадка и вялость, жидкий стул и учащенное дыхание) и совпадали с признаками других часто встречающихся заболеваний, что в полевых условиях затруднит постановку диагноза.

Особенности ведения сельского хозяйства в США предполагают обширное перемещение животных как в пределах ферм, так и между ними на разных этапах производства [9]. Например, около 40% ремонтного молодняка для молочных хозяйств выращивается за пределами фермы. По данным Национального эпидемиологического обзора Министерства сельского хозяйства США, появлению клинических признаков у скота на более чем 50% пострадавших ферм предшествовало поступление новых партий КРС в последние 30 дней, а более 45% ферм продолжали осуществлять перемещение скота даже после появления клинических признаков у животных⁵. Перемещения скота в США разрешены и проводились без предварительных лабораторных исследований, что при отсутствии симптомов способствовало широкому распространению вируса.

Другим высоковероятным путем передачи инфекции между фермами и штатами является несоблюдение требований биологической безопасности: использование общего транспорта и оборудования (в том числе для уборки и переработки кормов и отходов), недостаточная их дезинфекция, отсутствие смены одежды и обуви персонала, являющегося одновременно работниками других ферм или имеющего собственный скот и птицу, и посетителей ферм, имеющих доступ к животным (в том числе ветеринаров, консультантов по кормам, специалистов по разведению скота и обрезке копыт, перевозчиков и др.) [13, 16].

Дополнительным фактором риска является смешанное разведение животных и присутствие в местах содержания

² Updated joint FAO/WHO/WOAH public health assessment of recent influenza A(H5) virus events in animals and people (Assessment based on data as of 1 March 2025). <https://www.woah.org/app/uploads/2025/04/2025-04-17-fao-woah-who-h5n1-assessment.pdf>

³ HPAI confirmed cases in livestock. <https://www.aphis.usda.gov/livestock-poultry-disease/avian/avian-influenza/HPAI-detections/HPAI-confirmed-cases-livestock>

⁴ H5 bird flu: Current situation. <https://www.cdc.gov/bird-flu/situation-summary/index.html>

⁵ Animal and Plant Health Inspection Service, U.S.D.A. Highly pathogenic avian influenza H5N1 genotype B3.13 in dairy cattle: National epidemiologic brief. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/highly-pathogenic-avian-influenza-national-epidemiological-brief-09-24-2024.pdf>

скота домашних питомцев, а также скармливание им и молодняку КРС непастеризованного молока. Например, на территории более 75% неблагополучных по ВГП ферм присутствовали кошки, а 19% ферм – домашняя птица⁶.

Таким образом, широкому распространению вируса в молочных стадах США способствовали в основном бессимптомная передача, отсутствие надзора в эпидемиологически важных популяциях и недостаточное соблюдение мер по обеспечению биологической безопасности.

В настоящее время проводится изучение путей и способов передачи возбудителя среди КРС, продолжительности выделения вируса и др. Предварительное модельное исследование показывает, что длительность инфекционного периода может варьироваться от 2,8 до 13,1 сут при медиане 6,2 сут [21].

Клинические проявления в среднем регистрировались менее чем в 20% случаев, а смертность не превышала 2%. Описывают следующие преобладающие клинические признаки у КРС [13, 14]:

- снижение молочной продуктивности и изменение качества молока (цвет, консистенция, свертывание);
- снижение аппетита и угнетение рубцовой деятельности;
- лихорадка;
- мастит;
- обезвоживание;
- изменение консистенции фекалий;
- выделения из носа и респираторный дистресс.

Во время вспышек в США клинические признаки у КРС сохранялись до 21 сут (в среднем 6 сут), за исключением изменений качества молока. Сообщается, что производство молока было снижено до 45 сут (в среднем 12 сут). Несмотря на то что вирусная РНК была выявлена в молоке, мазках из носа, моче и сыворотке крови инфицированного скота, самые высокие концентрации инфекционного агента постоянно обнаруживались в молоке и тканях молочной железы [22].

Исследования молока. Вирус гриппа птиц H5 активно реплицируется в молочных железах, при этом инфицированные коровы выделяют большое количество вируса с молоком до 3 нед, даже при отсутствии клинических признаков [13]. Усиленная экспрессия как вируса гриппа птиц, так и вируса гриппа человека в молочных железах коров в сочетании с высокой концентрацией в молоке (от $10^{4.0}$ до $10^{8.8}$ TCID₅₀/мл) предполагает локальную репликацию вируса. Экспериментально показано, что интрамаммарного воздействия даже низких доз вируса гриппа A(H5N1) генотипа B3.13 (диапазон: от 10^1 до 10^3 TCID₅₀) достаточно для установления устойчивой инфекции, выделения с молоком вируса в высоких титрах и развития клинического мастита [19]. Воздействие вируса гриппа A(H5N1) в высоких дозах на ткани молочной железы приводит к тяжелым клиническим симптомам и гибели, наблюдаемым у молочных коров на фермах, в то время как респираторное и пероральное воздействие с меньшей вероятностью приводит к развитию продуктивной инфекции и связанной с ней заболеваемости.

В ходе проведения лабораторных исследований для выделения РНК вируса гриппа из образцов сырого молока применяются различные методы, в том числе сорбционные с использованием колонок и магнитных сорбентов, а также метод фенол-хлороформной экстракции (Trizol LS). На эффективность выделения может оказывать влияние предварительная обработка образцов молока, а также условия их хранения [8].

Исследования показали, что молоко повышает термостойкость вирусов гриппа, однако результаты экспериментов по инактивации возбудителя при различных режимах нагрева и времени обработки противоречивы [23]. В ряде

исследований указывается, что промышленная пастеризация молока является надежным методом инактивации вируса гриппа птиц [24]. В других работах упоминается, что ни пастеризация при 72 °C в течение 15 с, ни при 63 °C в течение 30 мин не могут полностью убить вирус в молоке, тогда как при тепловой обработке при 80 °C в течение 15 с вирус гриппа подтипа H5N1 в молоке полностью инактивируется [23, 25]. Несмотря на то что вирусная РНК обнаруживалась в образцах пастеризованных молочных продуктов, инфекционный агент выявлен не был [26]. Это еще больше подчеркивает потенциальную опасность непастеризованного молока и молочных продуктов из него. Так, в лабораторных экспериментах доказана сохранность вируса ВГП в сыром коровьем и овечьем молоке более суток при комнатной температуре и более 7 сут при хранении в холодильнике [27]. Более того, исследование сыра из сырого молока показало, что инфекционный вирус гриппа птиц A(H5N1) может сохраняться в таком продукте в течение нескольких месяцев (более 60 дней)⁷. Полученные результаты указывают на необходимость внедрения дополнительных мер по снижению рисков инфицирования животных и человека при производстве и потреблении продуктов из сырого молока [28].

ГРИПП ПТИЦ У СВИНЕЙ И КОШЕК

Свиньи обладают уникальными анатомическими и физиологическими характеристиками дыхательных путей, которые могут способствовать возникновению инфекций, вызванных неадаптированными к ним штаммами вируса гриппа А [29]. Так, в октябре 2024 г. Министерство сельского хозяйства США подтвердило наличие возбудителя гриппа птиц A(H5N1) у свиньи на ферме в штате Орегон⁸. В данном хозяйстве и птица, и скот, включая свиней, содержались вместе, они пользовались общими поилками, для ухода за ними использовалось одно и то же оборудование. Клинические признаки инфекции, вызванной возбудителем гриппа А(H5), у свиней отсутствовали. Какой-либо специфической адаптации вируса к человеку или млекопитающим выявлено не было. Обнаружение генетического материала вируса H5N1 в тканях и экскрементах свиней свидетельствует об их потенциальной роли в поддержании и усилении передачи патогена [14].

Предварительное экспериментальное исследование на свиньях показало ограниченную репликацию вируса гриппа A(H5N1) генотипа B3.13, выделенного от КРС, и отсутствие передачи возбудителя при прямом контакте от инфицированных свиней к неинфицированным. При экспериментальном интраназальном и пероральном заражении свиней другим генотипом вируса гриппа A(H5N1) клады 2.3.4.4b установлено, что штаммы, выделенные от млекопитающих, продемонстрировали более высокий потенциал репликации, патогенности и трансмиссивности по сравнению со штаммами, выделенными от птиц [30, 31]. Таким образом, свиньи представляют собой важный элемент в механизме межвидовой трансмиссии, особенно в условиях смешанного животноводства. Данный фактор требует пристального внимания и свидетельствует о необходимости тестирования свиней на наличие вируса гриппа птиц из-за его генетического разнообразия и масштабов циркуляции, поскольку свиньи выступают в качестве «смесительных сосудов» для генетической реассортации вирусов гриппа птиц и гриппа человека, потенциально способствуя

⁶ Animal and Plant Health Inspection Service, U.S.D.A. Highly pathogenic avian influenza H5N1 genotype B3.13 in dairy cattle: National epidemiologic brief. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/highly-pathogenic-avian-influenza-national-epidemiological-brief-09-24-2024.pdf>

⁷ United States Food and Drug Administration. Investigation of avian influenza A (H5N1) virus in dairy cattle. <https://www.fda.gov/food/alerts-advisories-safety-information/investigation-avian-influenza-h5n1-virus-dairy-cattle>

⁸ Federal and State Veterinary Agencies Share Update on HPAI detections in Oregon backyard farm, including first H5N1 detections in swine. <https://www.aphis.usda.gov/news/agency-announcements/federal-state-veterinary-agencies-share-update-HPAI-detections-oregon>

появлению новых штаммов с пандемическим потенциалом. Необходимо включить свиней в комплексные системы эпизоотологического надзора для более точной оценки экологической характеристики вируса гриппа подтипа H5N1 при циркуляции в популяциях домашних животных и анализа их потенциальной роли в зоонозных вспышках.

Важно, что в последние годы фиксируется рост межвидовой передачи вируса гриппа птиц A(H5N1) кошкам. Только в США с 2022 г. было зарегистрировано не менее 88 случаев заражения домашних кошек вирусом данного подтипа. В 2024–2025 гг. отмечены случаи инфицирования и гибели домашних и диких представителей семейства кошачьих в Индии, Вьетнаме, Нидерландах и других странах [32]. Кошки могут выступать в качестве переносчиков или промежуточных хозяев вируса, так как они тесно контактируют с людьми и животными других видов. Возможно инфицирование кошек и вирусом гриппа птиц, и вирусом гриппа человека, что может привести к вирусной адаптации и появлению рекомбинантных штаммов с зоонозным потенциалом [8, 15, 32, 33].

Во время вспышек гриппа, вызванных вирусом подтипа A(H5N1) клуды 2.3.4.4b, в 2024–2025 гг. в США у инфицированных кошек фиксировали неврологические и респираторные симптомы, а также высокую летальность, что указывает на восприимчивость представителей семейства кошачьих к данному вирусу и их потенциальную роль в его трансмиссии. Кошки, содержащиеся в домашних условиях, а также животные из приютов подвержены повышенному риску инфицирования, особенно при контакте с зараженной дикой птицей, употреблении в пищу термически не обработанной инфицированной птицы/корма или непастеризованного молока от КРС, инфицированного вирусом гриппа A [15, 34]. Так, в сыром молоке, которое употребляли кошки с клиническими признаками заражения вирусом гриппа птиц, методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) была обнаружена РНК возбудителя ВГП подтипа H5N1. После поедания сырого молока от инфицированного скота заболело и погибло около 50% кошек [13]. Вирус ВГП A(H5N1) был обнаружен у домашних кошек в домах работников молочной фермы⁹, при этом прямой контакт животных с неблагополучной по гриппу птиц фермой отсутствовал, что свидетельствует о передаче возбудителя через человека (например, с загрязненной обувью, одеждой) [35]. Клинические признаки у инфицированных кошек включали депрессию, скованность движений тела, атаксию, слепоту, кружение, выделение из глаз и носа. Антиген вируса гриппа А был обнаружен в мозге, легких, сердце и сетчатке глаза больных кошек [13]. Следовательно, ветеринарам при осмотре кошек, контактировавших с дикими птицами или употреблявших в пищу сырую птицу или молочные продукты, а также имеющих острые неврологические и респираторные симптомы, следует включить грипп птиц в список дифференциальных диагнозов [34].

ПРЕДПРИНИМАЕМЫЕ МЕРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В ответ на беспрецедентное распространение вируса ВГП среди КРС в США на правительственном уровне были внедрены следующие меры реагирования: ограничения на импорт КРС с клиническими признаками заболевания, а также на перемещение животных из неблагополучных по инфекции штатов; требование оформления сертификатов ветеринарного осмотра перед транспортировкой; тестирование молочного скота перед перемещением между штатами; усиление мер биобезопасности; ограничения на выстав-

ки; введение карантина [13, 16]. Производителям молочной продукции была предложена государственная финансовая поддержка для обеспечения необходимого уровня биобезопасности и компенсации расходов, связанных со вспышками ВГП. Дополнительные меры реагирования, помимо федеральных указов, внедрялись на уровне штатов.

Министерство сельского хозяйства США 6 декабря 2024 г. объявило о начале реализации Национальной стратегии тестирования молока (National Milk Testing Strategy, NMTS)^{10, 11}. Общее количество ПЦР-тестов, проведенных за первый год, с апреля 2024 по апрель 2025 г., составило 210 146. В стратегии NMTS указывается, что перед перевозкой дойного молочного скота из одного штата в другой в аккредитованной лаборатории необходимо получить отрицательный результат тестирования на наличие вируса гриппа А; перемещение КРС с клиническими признаками гриппа и транспортировка его на убой не разрешается. Отбор проб молока необходимо проводить под наблюдением лицензированного или аккредитованного ветеринара. Объем пробы должен составлять от 3 до 10 мл и содержать молоко из каждой доли вымени. Объединение образцов молока может производиться только в лаборатории. Все перемещаемые животные в группе (партии) из 30 и менее голов должны быть протестированы. Если транспортируется большее количество животных, то в общей сложности необходимо протестировать только 30 голов. Отбор и тестирование образцов должны проводиться не позднее чем за 7 дней до перемещения. В случае получения положительных результатов на грипп А не разрешается перевозить молочный скот в течение 30 дней с момента последнего сбора положительного образца от любого животного в стаде. По истечении 30-дневного периода животные должны быть повторно протестированы. Дойный молочный скот без клинических признаков, перевозимый непосредственно на убой, не обязан проходить предварительный тест, но должен иметь сертификат ветеринарного осмотра.

Министерство сельского хозяйства США на основе анализа результатов эпизоотологических исследований животных, инфицированных вирусом гриппа A(H5N1), рекомендует усилить меры биобезопасности на молочных фермах:

- избегать использования общего оборудования и транспорта, проводить их дезинфекцию;
- соблюдать требования биобезопасности при любых контактах человека (персонал, посетители) с животными на ферме;
- исключить открытое хранение кормов и материала подстилки и предотвратить контакты этих материалов с домашними и дикими животными и птицами;
- избегать совместного содержания животных разных видов на ферме;
- использовать передовые методы утилизации отходов во избежание попадания зараженного навоза в компост;
- проводить пастеризацию, химическую или термическую обработку молочных отходов;
- обеззараживать сырое молоко (пастеризовать) в случае его последующего скармливания телятам или другим видам животных;
- карантинировать новых животных в стаде не менее чем на 30 дней, а также изолировать скот с клиническими признаками заболевания.

В литературе также упоминается важность упреждающего контроля ВГП в дикой природе [7, 12] и среди домашних

¹⁰ Testing. USDA. <https://www.aphis.usda.gov/livestock-poultry-disease/avian/avian-influenza/HPAI-livestock/testing>

¹¹ APHIS Requirements and Recommendations for Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 Virus in Livestock for State Animal Health Officials, Accredited Veterinarians and Producers. May 14, 2024. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/aphis-requirements-HPAI-livestock-eng-sp.pdf>

⁹ Narahariseti R., Weinberg M., Stoddard B., Stobierski M. G., Dodd K. A., Wineland N., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infection of indoor domestic cats within dairy industry worker households – Michigan, May 2024. https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/74/wr/mm7405a2.htm?s_cid=mm7405a2_w

животных [9]. Подчеркивается необходимость наблюдения за популяциями диких животных на наличие вируса ВГП подтипа H5, основываясь на данных о необычном уровне заболеваемости и регистрации случаев гибели, а также на результатах вирусологических и серологических анализов, включая своевременный обмен диагностической информацией о заболевании и последовательностями вирусного генома для оперативного выявления новых случаев проникновения вируса и отслеживания его эволюции посредством филогенетического анализа. Для домашних животных и сельскохозяйственного скота на первый план выходят усиленные меры по обеспечению биологической безопасности.

В свете сообщений о случаях инфицирования КРС и других видов млекопитающих вирусом гриппа птиц FAO опубликовала обновленные рекомендации, в которых содержатся указания по внедрению эффективных программ мониторинга для своевременного выявления случаев заболевания гриппом птиц среди КРС [16]. В том числе следующие:

- усилить эпизоотологический надзор и своевременно информировать с целью раннего выявления вируса гриппа А(H5) у домашних птиц, диких птиц и млекопитающих;
- включить в дифференциальный диагноз гриппа А(H5) у КРС, свиней и других видов скота, а также домашних и диких животных;
- оперативно сообщать о случаях выявления ВГП у всех видов животных, включая КРС и других домашних и диких млекопитающих, в международные организации (ВОАН, FAO);
- проводить активный мониторинг / выявление случаев заболевания, в том числе с использованием молекулярных и серологических методов;
- обеспечивать лиц, контактирующих с животными, соответствующими средствами индивидуальной защиты, а также предоставлять им возможность тестирования;
- проводить геномное секвенирование и размещать генетические последовательности вирусов гриппа и связанные с ними метаданные в общедоступных базах данных;
- внедрять и/или укреплять систему биобезопасности в животноводческих хозяйствах / помещениях и по всей производственной цепочке;
- осуществлять профилактические мероприятия и принимать ранние меры реагирования для прерывания цепочки заражения среди домашних животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вспышка гриппа птиц А(H5N1) среди молочного скота в США свидетельствует о значительном изменении эпизоотического потенциала вируса и его способности к межвидовой передаче. Это событие подчеркивает необходимость усиления систем эпизоотологического мониторинга и обязательного соблюдения мер обеспечения биобезопасности в животноводстве. Атипичность и смазанность клинических проявлений гриппа птиц у КРС усложняет постановку диагноза и принятие своевременных мер. Важно, что вирус может выделяться с молоком в течение нескольких недель даже при отсутствии клинических признаков. Этот факт подчеркивает необходимость строгого соблюдения правил обработки молочных продуктов, включая пастеризацию как эффективный метод инактивации вируса. Свиньи и кошки также оказались уязвимыми к инфекции, обусловленной возбудителем гриппа А(H5N1), что дает основание говорить об их потенциальной роли в эволюции и распространении вируса.

Необходимы дальнейшие усилия для устранения пробелов в системе мониторинга и реагирования на биологическую угрозу. Для эффективного контроля распространения вируса гриппа подтипа H5N1 среди животных и минимизации риска зоонозных инфекций важно учитывать опыт других стран и внедрять комплексные меры по предотвраще-

нию распространения возбудителя. Включение инфекции, обусловленной вирусом гриппа А(H5), в дифференциальный диагноз у КРС, свиней и других млекопитающих, а также усиление эпизоотологического надзора являются ключевыми шагами в обеспечении безопасности животноводства и общественного здоровья. При исследовании эволюции вируса гриппа птиц и разработке эффективных профилактических стратегий важно проводить геномный мониторинг и налаживать международное научное сотрудничество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Capelastegui F, Goldhill D. H. H5N1 2.3.4.4b: a review of mammalian adaptations and risk of pandemic emergence. *Journal of General Virology*. 2025; 106 (6):002109. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.002109>
2. Plaza P. I., Gamarra-Toledo V., Eugui J. R., Lambertucci S. A. Recent changes in patterns of mammal infection with highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus worldwide. *Emerging Infectious Diseases*. 2024; 30 (3): 444–452. <https://doi.org/10.3201/eid3003.231098>
3. Bellido-Martín B., Rijnink W. F., Iervolino M., Kuiken T., Richard M., Fouchier R. A. M. Evolution, spread and impact of highly pathogenic H5 avian influenza A viruses. *Nature Reviews Microbiology*. 2026; 24 (1): 45–60. <https://doi.org/10.1038/s41579-025-01189-4>
4. Shi J., Zeng X., Cui P., Yan C., Chen H. Alarming situation of emerging H5 and H7 avian influenza and effective control strategies. *Emerging Microbes & Infections*. 2023; 12 (1):2155072. <https://doi.org/10.1080/22221751.2022.2155072>
5. European Food Safety Authority, European Centre for Disease Prevention and Control, European Union Reference Laboratory for Avian Influenza, Adlhoeh C., Fusaro A., Gonzales J. L., et al. Avian influenza overview September–December 2023. *EFSA Journal*. 2023; 21 (12):e8539. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2023.8539>
6. Puryear W. B., Runstadler J. A. High-pathogenicity avian influenza in wildlife: a changing disease dynamic that is expanding in wild birds and having an increasing impact on a growing number of mammals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2024; 262 (5): 601–609. <https://doi.org/10.2460/JAVMA.24.01.0053>
7. Kuiken T., Vanstreels R. E. T., Banyard A., Begeman L., Breed A. C., Dewar M., et al. Emergence, spread, and impact of high-pathogenicity avian influenza H5 in wild birds and mammals of South America and Antarctica. *Conservation Biology*. 2025; e70052. <https://doi.org/10.1111/cobi.70052>
8. Burrough E. R., Magstadt D. R., Petersen B., Timmermans S. J., Gauger P. C., Zhang J., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) clade 2.3.4.4b virus infection in domestic dairy cattle and cats, United States, 2024. *Emerging Infectious Diseases*. 2024; 30 (7): 1335–1343. <https://doi.org/10.3201/EID3007.240508>
9. Nguyen T.-Q., Hutter C. R., Markin A., Thomas M., Lantz K., Killian M. L., et al. Emergence and interstate spread of highly pathogenic avian influenza A(H5N1) in dairy cattle in the United States. *Science*. 2025; 388 (6745):eadq0900. <https://doi.org/10.1126/science.adq0900>
10. Sarker R. D., Giasuddin M., Chowdhury E. H., Islam M. R. Serological and virological surveillance of avian influenza virus in domestic ducks of the north-east region of Bangladesh. *BMC Veterinary Research*. 2017; 13 (1):180. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1104-6>
11. Hu X., Saxena A., Magstadt D. R., Gauger P. C., Burrough E. R., Zhang J., et al. Genomic characterization of highly pathogenic avian influenza A H5N1 virus newly emerged in dairy cattle. *Emerging Microbes & Infections*. 2024; 13 (1):2380421. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2380421>
12. Ruy P.-E., Ball S., Barry G., Cuq B., McDevitt A. D., English H. M., et al. Expanding wildlife serosurveillance: a study of influenza A virus exposure in Irish carnivores. *European Journal of Wildlife Research*. 2025; 71:71. <https://doi.org/10.1007/s10344-025-01950-3>
13. European Food Safety Authority, Alvarez J., Bortolami A., Ducatez M., Guinat C., Stegeman J. A., et al. Risk posed by the HPAI virus H5N1, Eurasian lineage goose/Guangdong clade 2.3.4.4b. genotype B3.13, currently circulating in the US. *EFSA Journal*. 2025; 23 (7):e9508. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9508>
14. Sanchez-Rojas I. C., Bonilla-Aldana D. K., Solarte-Jimenez C. L., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Rodriguez-Morales A. J. Highly pathogenic avian influenza (H5N1) clade 2.3.4.4b in cattle: a rising one health concern. *Animals*. 2025; 15 (13):1963. <https://doi.org/10.3390/ani15131963>
15. Bonilla-Aldana D. K., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Rodriguez-Morales A. J. Highly pathogenic avian influenza H5N1 in cats (*Felis catus*): a systematic review and meta-analysis. *Animals*. 2025; 15 (10):1441. <https://doi.org/10.3390/ani15101441>
16. El Masry I., Delgado A. H., Silva G. O. D., Lyons N. A., Dhingra M. Recommendations for the surveillance of influenza A(H5N1) in cattle – With broader

application to other farmed mammals. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 37. Rome: FAO; 2024. 32 p. <https://doi.org/10.4060/cd3422en>

17. Caserta L. C., Frye E. A., Butt S. L., Laverack M., Nooruzzaman M., Covaleta L. M., et al. Spillover of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus to dairy cattle. *Nature*. 2024; 634 (8034): 669–676. <https://doi.org/10.1038/S41586-024-07849-4>
18. Campbell A. J., Brizuela K., Lakdawala S. S. mGem: Transmission and exposure risks of dairy cow H5N1 influenza virus. *mBio*. 2025; 16 (3):e02944-24. <https://doi.org/10.1128/mbio.02944-24>
19. Lee C., Tarbuck N. N., Cochran H. J., Foreman B. M., Boley P., Khatiwada S., et al. Dairy cows infected with influenza A(H5N1) reveals low infectious dose and transmission barriers. *Research Square*. 2025; Preprint (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6900680/v1>
20. Davila K. S., Baker A., Boggiatto P., Palmer M., Putz E., Olsen S., et al. Susceptibility of calves fed unpasteurized milk from cows experimentally infected with highly pathogenic avian influenza H5N1. *Research Square*. 2025; Preprint (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6681893/v1>
21. Eales O., McCaw J. M., Shearer F. M. Viral kinetics of H5N1 infections in dairy cattle. *bioRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.02.01.636082>
22. Lombard J., Stenkamp-Strahm C., McCluskey B., Melody B. Evidence of viremia in dairy cows naturally infected with influenza A virus, California, USA. *Emerging Infectious Diseases*. 2025; 31 (7): 1425–1427. <https://doi.org/10.3201/eid3107.250134>
23. Hu W., Wang Z., Chen Y., Wu S., Li T., Zhai S.-L., et al. The thermal stability of influenza viruses in milk. *Viruses*. 2024; 16 (11):1766. <https://doi.org/10.3390/v16111766>
24. Spackman E., Anderson N., Walker S., Suarez D. L., Jones D. R., McCoig A., et al. Inactivation of highly pathogenic avian influenza virus with high-temperature short time continuous flow pasteurization and virus detection in bulk milk tanks. *Journal of Food Protection*. 2024; 87 (10):100349. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100349>
25. Kaiser F., Morris D. H., Wickenhagen A., Mukesh R., Gallogly S., Yinda K. C., et al. Inactivation of avian influenza A(H5N1) virus in raw milk at 63 °C and 72 °C. *The New England Journal of Medicine*. 2024; 391 (1): 90–92. <https://doi.org/10.1056/nejmc2405488>
26. Spackman E., Jones D. R., McCoig A. M., Colonius T. J., Goraichuk I. V., Suarez D. L. Characterization of highly pathogenic avian influenza virus in retail dairy products in the US. *Journal of Virology*. 2024; 98 (7):e00881-24. <https://doi.org/10.1128/jvi.00881-24>
27. Schafers J., Warren C. J., Yang J., Zhang J., Cole S. J., Cooper J., et al. Stability of influenza viruses in the milk of cows and sheep. *medRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.05.28.25328508>

28. Nooruzzaman M., de Oliveira P. S. B., Martin N. H., Alcaine S. D., Diel D. G. Stability of influenza A H5N1 virus in raw milk cheese. *bioRxiv*. 2025; Preprint. <https://doi.org/10.1101/2025.03.13.643009>

29. Ospina-Jimenez A. F., Gomez A. P., Rincon-Monroy M. A., Perez D. R., Ramirez-Nieto G. C. A novel reassorted swine H3N2 influenza virus demonstrates an undetected human-to-swine spillover in Latin America and highlights zoonotic risks. *Virology*. 2025; 606:110483. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2025.110483>
30. Kwon T., Trujillo J. D., Carossino M., Machkovech H. M., Cool K., Lyoo E. L., et al. Pathogenicity and transmissibility of bovine-derived HPAI H5N1 B3.13 virus in pigs. *Emerging Microbes & Infections*. 2025; 14 (1):2509742. <https://doi.org/10.1080/22221751.2025.2509742>
31. Graaf A., Piesche R., Sehl-Ewert J., Grund C., Pohlmann A., Beer M., Harder T. Low susceptibility of pigs against experimental infection with HPAI virus H5N1 clade 2.3.4.4b. *Emerging Infectious Diseases*. 2023; 29 (7): 1492–1495. <https://doi.org/10.3201/eid2907.230296>
32. Duijvestijn M. B. H. M., Schuurman N. N. M. P., Vernooij J. C. M., van Leeuwen M. A. J. M., van den Brand J. M. A., Wagenaar J. A., et al. Highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5 virus exposure in domestic cats and rural stray cats, the Netherlands, October 2020 to June 2023. *Eurosurveillance*. 2024; 29 (44):2400326. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2024.29.44.2400326>
33. Coleman K. K., Bemis I. G. Avian influenza virus infections in felines: a systematic review of two decades of literature. *Open Forum Infectious Diseases*. 2025; 2 (5):ofaf261. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaf261>
34. Frye E. A., Nooruzzaman M., Cronk B., Laverack M., de Oliveira P. S. B., Caserta L. C., et al. Isolation of highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus from cat urine after raw milk ingestion, United States. *Emerging Infectious Diseases*. 2025; 31 (8): 1636–1639. <https://doi.org/10.3201/eid3108.250309>
35. Naraharisetty R., Weinberg M., Stoddard B., Stobierski M. G., Dodd K. A., Wineland N., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus infection of indoor domestic cats within dairy industry worker households – Michigan, May 2024. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2025; 74 (5): 61–65. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7405a2>

Поступила в редакцию / Received 28.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 02.10.2025

Принята к публикации / Accepted 12.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Краснова Елена Анатольевна, канд. биол. наук, заместитель директора СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>, krasnova@icvim.yandex.ru

Корогодина Елена Владимировна, заместитель руководителя группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>, ElenaKorogodina@inbox.ru

Лунина Дарья Александровна, заместитель руководителя группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Elena A. Krasnova, Cand. Sci. (Biology), Deputy Director, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3820-3167>, krasnova@icvim.yandex.ru

Elena V. Korogodina, Deputy Head of Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1079-6287>, ElenaKorogodina@inbox.ru

Daria A. Lunina, Deputy Head of Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Вклад авторов: Краснова Е. А. – концепция, поиск и анализ литературы, подготовка текста; Корогодина Е. В. – поиск и анализ литературы, корректировка текста; Лунина Д. А. – анализ литературы, визуализация, корректировка текста.

Contribution of the authors: Krasnova E. A. – concept development, literature search and analysis, text preparation; Korogodina E. V. – literature search and analysis, text revision; Lunina D. A. – literature analysis, visualization, text revision.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>
УДК 619:616.92/.93:616-036.22(470)



Концепция «Единое здоровье» в изучении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации

Т. В. Михалева¹, Р. Р. Гасанов¹, С. С. Коннова², Д. А. Лунина¹

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Самарский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (СамНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия

² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Саратовский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (СарНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. 53-й Стрелковой Дивизии, 6, г. Саратов, 410028, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Лихорадка Западного Нила – зоонозное трансмиссивное заболевание, вызываемое флавивирусом, который чаще всего циркулирует в природе в энзоотическом цикле между комарами и птицами и вызывает случаи болезни у людей, лошадей и других млекопитающих. Стремительное расширение ареала возбудителя лихорадки Западного Нила, развитие вспышек с тяжелым течением болезни, отсутствие средств специфической профилактики послужили главными аргументами при отнесении его к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению. Тесная взаимосвязь между здоровьем людей, животных и экосистемой требует коммуникации и координации между соответствующими секторами. Принцип «Единое здоровье» – это интегрированный, объединяющий подход, направленный на оптимизацию здоровья людей, животных и экосистем, включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды.

Цель исследования. Анализ основных эпизоотологических данных о распространении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации.

Материалы и методы. Поиск источников литературы осуществлялся с использованием международных (PubMed, Springer, Google Scholar, CrossRef) и российских (РИНЦ, eLibrary, КиберЛенинка) баз научного цитирования. Отбор материала проводился по ключевым словам: лихорадка Западного Нила, единое здоровье, миграция птиц, беспозвоночные хозяева, меры контроля.

Результаты. В России вирус Западного Нила был впервые изолирован в 1963 г. в Астраханской области. В настоящее время присутствие возбудителя доказано в южных и центральных регионах европейской части страны, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока. Отсутствие эпизоотологического мониторинга заболевания в отдельных регионах России и низкие объемы исследуемого материала в большинстве субъектов не позволяют дать объективную оценку эпизоотической ситуации, поэтому имеется необходимость в увеличении числа проводимых исследований. Показано, что основными переносчиками возбудителя на территории нашей страны являются комары родов *Culex*, *Anopheles* и *Aedes*, также в поддержании циркуляции вируса принимают участие иксодовые, аргасовые и гамазовые клещи. В обзоре описана роль птиц в передаче возбудителя, приводятся сведения о восприимчивости животных к инфекции, рассмотрены современные аспекты диагностики, профилактики лихорадки Западного Нила и меры борьбы.

Заключение. Надзор за лихорадкой Западного Нила является достаточно сложной задачей, поскольку циркуляция вируса происходит среди людей, членистоногих и птиц. Вакцинация является эффективным средством профилактики, однако иммунологические профилактические препараты против заболевания в России пока не разработаны. В связи с этим особое внимание должно уделяться взаимодействию между различными ведомствами, а также профилактическим мерам, направленным на снижение распространения вируса в окружающей среде.

Ключевые слова: обзор, лихорадка Западного Нила, «Единое здоровье», миграция птиц, беспозвоночные хозяева, меры контроля

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии».

Для цитирования: Михалева Т. В., Гасанов Р. Р., Коннова С. С., Лунина Д. А. Концепция «Единое здоровье» в изучении лихорадки Западного Нила на территории Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 20–27. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Для корреспонденции: Михалева Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, ученый секретарь СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия, tatyana.mikhaleva@mail.ru

Applying One Health approach to the study of West Nile fever in the Russian Federation

Tatyana V. Mikhaleva¹, Ruslan R. Gasanov¹, Svetlana S. Konnova², Daria A. Lunina¹

¹ Federal Research Center for Virology and Microbiology; Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia

² Federal Research Center for Virology and Microbiology; Saratov Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. 53-i Strelkovoi Divizii, 6, Saratov 410028, Russia

ABSTRACT

Introduction. West Nile fever is a zoonotic transmissible disease caused by flavivirus that primarily circulates in nature within an enzootic cycle between mosquitoes and birds, and causes disease cases in humans, horses, and other mammals. The rapid expansion of the West Nile fever pathogen range, development of outbreaks with severe clinical manifestations, and the lack of specific preventive tools have been the main arguments for classifying it as a potentially dangerous

© Михалева Т. В., Гасанов Р. Р., Коннова С. С., Лунина Д. А., 2026

threat to global health. The close interconnection between human health, animal health, and ecosystems necessitates communication and coordination across the relevant sectors. One Health is an integrated, unifying approach aimed at optimizing the health of humans, animals, and ecosystems involving public health, veterinary and environment protection authorities.

Objective. Analysis of basic epizootological data on the spread of West Nile fever in the Russian Federation.

Materials and methods. The following international and Russian databases were used for literature searching: PubMed, Springer, Google Scholar, CrossRef and Russian Science Citation Index (RSCI), eLibrary, CyberLeninka, respectively. The searching was performed based on the following key words: West Nile fever, One Health, migration of birds, invertebrate hosts, control measures.

Results. In Russia, West Nile virus was first isolated in Astrakhan Oblast in 1963. Currently, presence of the pathogen has been proven in the southern and central regions of the European part of the country, in the south of Western Siberia and the Far East. The lack of disease monitoring in some Russian regions and small numbers of samples tested in most subjects of the Russian Federation hinder an objective assessment of the disease situation, so there is a need to increase the number of tests. It has been shown that the main carriers of the pathogen in our country are mosquitoes of the genera *Culex*, *Anopheles* and *Aedes*, ixodid, argasid and gamasid ticks are also involved in maintaining the virus circulation. The review describes the role of birds in the pathogen transmission, provides data on susceptibility of animals to the infection, discusses modern aspects of West Nile fever diagnosis, prevention and control.

Conclusion. Surveillance of West Nile fever presents a considerable challenge, as the virus circulates among humans, arthropods, and birds. While vaccination is an effective preventive tool, no vaccines against the disease have yet been developed in Russia. In this context, strengthening inter-authority coordination and implementing environmental control measures to limit the virus spread are essential priorities.

Keywords: review, West Nile fever, One Health, migration of birds, invertebrate hosts, control measures

Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of the state assignment of the Federal Research Center for Virology and Microbiology.

For citations: Mikhaleva T. V., Gasanov R. R., Konnova S. S., Lunina D. A. Applying One Health approach to the study of West Nile fever in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 20–27. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-20-27>

Conflict of interests: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this paper.

For correspondence: Tatyana V. Mikhaleva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Academic Secretary, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Magnitogorskaya, 8, Samara 443013, Russia, tatyanamihaleva@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Зоонозы являются причиной миллиардов случаев заболеваний людей по всему миру, представляя собой значительную проблему общественного здравоохранения [1]. Огромное разнообразие биологических видов, обитающих на территории Российской Федерации, создает благоприятные условия для развития инфекционных заболеваний, в том числе передающихся членистоногими. Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) – зоонозное трансмиссивное заболевание, вызываемое флавивирусом, который чаще всего циркулирует в природе в энзоотическом цикле между комарами и птицами и является причиной возникновения болезни у людей, лошадей и других млекопитающих [2, 3, 4]. Вирус Западного Нила (ВЗН) был обнаружен более чем у 300 видов птиц, включая дикие, домашние и синантропные виды. Миграционные пути птиц, гнездящихся на обширных пространствах России и зимующих в южных странах, определяют возможность заноса вируса с мест зимовок с дальнейшим формированием сезонных или стойких природных очагов [5]. Стремительное расширение ареала ВЗН, развитие специфической профилактики послужили главными аргументами при отнесении вируса к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению, что было учтено Всемирной организацией здравоохранения (WHO) в Международных медико-санитарных правилах¹ [6]. Тесная взаимосвязь между здоровьем людей, животных и экосистемой требует сотрудничества, коммуникации и координации между соответствующими секторами. Принцип «Единое здоровье» (One Health) – это интегрированный, объединяющий подход, направленный на устойчивое равновесие и оптимизацию здоровья людей, животных и экосистем, включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды [7, 8]. Применение данного подхода является

ключом к получению всестороннего понимания эпизоотической ситуации по ЛЗН и борьбы с заболеванием.

Цель обзора – анализ основных эпизоотологических данных о распространении ЛЗН на территории РФ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск источников литературы осуществлялся с использованием международных (PubMed, Springer, Wiley Online Library, Google Scholar, CrossRef) и российских (РИНЦ, eLibrary, КиберЛенинка) баз данных научного цитирования. Отбор материала проводился по ключевым словам: лихорадка Западного Нила (West Nile fever), единое здоровье (One Health), миграция птиц (bird migration), беспозвоночные хозяева (invertebrate hosts), меры контроля (control measures).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возбудитель лихорадки Западного Нила – флавивирус, в естественном цикле передачи которого участвуют птицы и комары, а люди, лошади и другие млекопитающие являются случайными или тупиковыми хозяевами [9, 10]. В соответствии с классификацией Международного комитета по таксономии вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, Release 2022) ВЗН принадлежит к роду *Orthoflavivirus* семейства *Flaviviridae* и представляет собой небольшой (около 50 нм в диаметре) сферический оболочечный флавивирус, геном которого состоит из одноцепочечной молекулы РНК положительной полярности, кодирующей три структурных и семь неструктурных белков [11, 12]. На основании филогенетического анализа ВЗН был сгруппирован в 9 линий [13]. Штаммы линий 1 и 2 являются наиболее вирулентными и способны вызывать вспышки инфекции с тяжелыми неврологическими признаками [14, 15, 16].

Впервые возбудитель ЛЗН был выделен в 1937 г. от женщины в округе Западный Нил в Уганде (Африка). С тех пор вирус широко распространился по всему миру, вызывая вспышки заболевания среди людей и животных на всех континентах, включая большую часть Африки, Восточной

¹ International Health Regulations (2005). 3rd ed. WHO; 2016. 74 p. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241580496>



Рис. 1. Административные территории РФ, в которых зафиксированы случаи заболевания людей ЛЗН в 2024 г. (по данным ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора²)

Fig. 1. Administrative territories of the Russian Federation where West Nile fever human cases were reported in 2024 (according to the data of the Volgograd Plague Control Research Institute of the Rosпотребнадзор²)

и Южной Европы, Северной Америки, Западной Азии и Ближнего Востока. Вспышки инфекции среди людей были зарегистрированы в Южной Африке, США, Алжире, Тунисе, Марокко, Румынии, Израиле, Италии, Греции. Эпизоотии с участием лошадей происходили в Марокко и Италии. В России прямые доказательства присутствия ВЗН впервые получены в 1963 г. при изучении очагов крымской геморрагической лихорадки в Астраханской области. Южные регионы страны являются эндемичными по данному заболеванию, но глобальное изменение климата стало причиной того, что инфекция начала встречаться в центральной части России и Поволжье. В настоящее время присутствие возбудителя ЛЗН доказано в южных и центральных регионах европейской части России, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока [6, 17, 18, 19, 20].

Люди очень восприимчивы к ВЗН, но считаются тупиковыми хозяевами. Примерно 80% случаев заражения человека ВЗН протекают бессимптомно. В большинстве симптоматических случаев (20%) у пациентов наблюдается легкая лихорадка, связанная с миалгией, артралгией, головной болью, усталостью, кишечными расстройствами, сыпью, увеличением лимфатических узлов. Менее чем у 1% из них развиваются серьезные неврологические осложнения, проявляющиеся различными патологиями, такими как менингит или менингоэнцефалит, острый вялый паралич, заболевания глаз. Энцефалит является наиболее тяжелой неврологической формой, которая иногда может быть фатальной, особенно у пожилых людей и лиц с ослабленным иммунитетом. Персистентную инфекцию, обусловленную ВЗН, у людей оценить довольно сложно, однако наличие вируса в моче на протяжении 9 лет после заражения показывает, что почечная инфекция может сохраняться годами. Следовательно, ВЗН может вызывать хроническое заболевание людей [11, 19].

Эпидемиологический надзор за природно-очаговыми инфекциями с трансмиссивным механизмом передачи в нашей стране осуществляет ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора. На базе института действуют референс-центры по ЛЗН, лихорадке Зика, клещевым инфекциям и др. По данным референс-центра по мониторингу возбудителя ЛЗН, в 2024 г. случаи заболевания людей были зарегистрированы в 33 субъектах Российской Федерации (рис. 1). Лабораторные исследования птиц на наличие маркеров ВЗН в 2024 г. проводили в 34 субъектах, что составляет только 38,2%

от общего числа административных территорий РФ. Инфицированность комаров была исследована в 76 субъектах (85,4% от общего числа административных территорий РФ), клещей – в 58 субъектах (65,2%). Обследование крупных млекопитающих на наличие антител к ВЗН проводили в 5 субъектах, выявляемость маркеров вируса составила 3,4%.

Отсутствие эпизоотологического мониторинга ЛЗН в отдельных регионах страны и низкие объемы исследуемого материала в большинстве субъектов не позволяют дать объективную оценку эпизоотической ситуации, поэтому имеется необходимость в увеличении числа проводимых исследований. В связи с этим обмен данными по надзору за ЛЗН между различными ведомствами позволил бы получить более полное представление об эпидемиологии и эпизоотологии возбудителя и улучшить меры профилактики и контроля болезни. Для этого необходимо создать единую межотраслевую базу данных на основе комплексных систем наблюдения за животными и окружающей средой, а механизм обмена данными должен быть прозрачным и стандартизированным [21].

Экология вируса. ВЗН поддерживается в биологическом цикле «птица – комар – птица», где птицы выступают в качестве усиливающих хозяев. Комары заражаются, питаясь кровью инфицированных птиц, и остаются носителями вируса на протяжении всей своей жизни. Животным и людям возбудитель болезни передается через укусы комаров (в основном рода *Culex*), от матери плоду во время беременности, а также может попадать в организм при трансплантации органов и переливании крови [2, 22, 23]. Биологический цикл распространения ВЗН представлен на рисунке 2.

После попадания в организм комара вирус сначала поражает среднюю кишку насекомого, затем пересекает барьер средней кишки и распространяется по гемолимфе в другие органы, включая слюнные железы, инфицирование которых является предпосылкой для передачи возбудителя новым восприимчивым позвоночным хозяевам. Во время укусов комаров вирус попадает в организм людей и животных, где он может размножаться и приводить к болезни [19].

² Итоги эпизоотологического мониторинга за лихорадкой Западного Нила в 2024 году в Российской Федерации (по данным ФКУЗ Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора). http://vnipchi.rosпотребнадzor.ru/s/203/files/directions/centre/lixoradka/analiz/145607_505.pdf

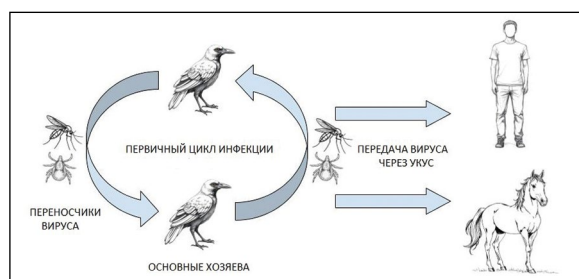


Рис. 2. Биологический цикл распространения ВЗН (рисунок подготовлен Д. А. Луниной)

Fig. 2. Biological cycle of West Nile virus transmission (the drawing was prepared by D. A. Lunina)

При этом ВЗН не вызывает явного заболевания у комаров [24]. Также возможна вертикальная передача вируса, при которой он может поддерживаться в популяциях комаров путем прямой передачи от инфицированной самки комара ее потомству. Куколки комаров могут заражаться при экспериментальном воздействии инфекционных выделений комара, что свидетельствует о возможности поддерживать резервуар инфекции в комарах без циклического перехода к позвоночным хозяевам [25].

У людей, позвоночных животных и птиц после укуса инфицированного комара ВЗН размножается в различных клетках, включая кератиноциты, нейтрофилы и моноциты, и распространяется через кровоток в периферические органы, такие как печень, почки и селезенка. Чтобы достичь мозга, вирусу необходимо пересечь гематоэнцефалический барьер, что может происходить двумя основными путями: первый включает аксональный ретроградный транспорт по спинному мозгу, а второй – транспорт по кровеносным сосудам [19].

Из 100 видов кровососущих комаров, обитающих в России, маркеры ВЗН обнаружены в представителях следующих видов: *Culex modestus* Fic., *Cx. pipiens* L. (неавтогенная форма *Cx. pipiens f. pipiens* и автогенная форма *Cx. pipiens f. molestus*), *Anopheles maculipennis* Mg., *An. claviger* Mg., *An. hyrcanus* Pall., *An. messeae* Pall., *Aedes cinereus* Mg., *Ae. geniculatus* Oliv., *Ae. vexans* Mg., *Ae. caspius* Pall., *Ae. pulchritarsis* Rond., *Ae. albopictus* Sk., *Ae. cataphylla* Dyar, *Ae. flavescens* Mull., *Ae. excrucians* Walk., *Ae. cantans* Mg., *Culiseta annulata* Schr., *Coquilletidia richiardii* Fic., *Uranotaenia unguiculata* Edw. На модели Астраханской области показано, что в антропогенных биоценозах эпидемически значимыми переносчиками являются комары *Cx. pipiens*, *An. hyrcanus*, *Coq. richiardii*, *An. messeae*, в природных биоценозах – *An. hyrcanus*, *Coq. richiardii*. В другом активном очаге ЛЗН – Волгоградской области – высокие показатели инфицированности ВЗН установлены для комаров *Cx. modestus*, *Cx. pipiens*, *An. maculipennis*, *An. hyrcanus* [6, 26]. Таким образом, комары родов *Culex*, *Anopheles* и *Aedes* – основные переносчики ВЗН на территории РФ. Род *Culex* является орнитофильным и очень агрессивен по отношению к человеку. Наибольшая численность комаров рода *Culex* наблюдается в июле – августе. В этот же период происходит подъем заболеваемости среди людей, которому обычно предшествуют эпизоотии среди диких, а затем домашних и синантропных птиц [27].

Эпизоотологическое значение также имеет высокая численность клещей в регионе. В поддержании циркуляции ВЗН на территории России принимают участие иксодовые, аргасовые и гамазовые клещи. Считается, что клещи семейств *Ixodidae* и *Argasidae* играют второстепенную роль в передаче вируса, при этом их значимость заключается в перезимовке вируса. Маркеры вируса (антиген, РНК) выявлены в энтомологическом материале, и изоляты ВЗН получены от клещей 12 видов, из них наиболее часто на юге

европейской части страны от *Hyalomma marginatum*, *H. scutense*, *Rhipicephalus rossicus*, *Dermacentor reticulatus* [6, 28]. В отдельные годы зараженность клещей *H. marginatum* в антропогенных биоценозах дельты Волги значительно превышала таковую у комаров. Кроме того, у урановых птиц обнаружена высокая заклещеванность (до 300 экземпляров на птице) личинками и нимфами *H. marginatum*, что может говорить о существенной значимости клещей в сохранении вируса [29].

Повышенная температура окружающей среды может усилить репликацию вируса и сократить инкубационный период внутри переносчиков, что способствует циркуляции вируса и возникновению вспышек инфекции [30]. Засуха уменьшает поток воды, тем самым создавая стоячие водные бассейны с более высокой концентрацией органических веществ, которые являются идеальными условиями для размножения комаров. Птицы собираются вокруг небольших водоемов во время засухи, и это усиливает взаимодействие птиц и комаров. Хотя инфицированные комары могут распространять ВЗН на большие расстояния как без посторонней помощи (например, с помощью ветровых потоков), так и с помощью транспортных средств (например, на лодках или самолетах), основным путем распространения ВЗН являются инфицированные перелетные птицы, которые переносят ВЗН в новые районы [31].

Роль птиц в передаче ВЗН. Птицы обладают физической способностью перемещаться по континентам на тысячи километров за несколько дней, пересекая географические барьеры, такие как горы, пустыни и моря. Межконтинентальное перемещение диких птиц через обширные географические зоны способствует обмену патогенами между регионами и популяциями. Во время своего путешествия перелетные птицы распространяют различные инфекционные агенты, и считается, что они ответственны за широкое географическое распространение некоторых арбовирусов. Циркуляция возбудителя ЛЗН в природе может быть связана с лесным циклом распространения, включающим диких птиц и орнитофильных комаров, и с городским циклом, включающим синантропных и домашних птиц. Перелетные птицы играют решающую роль в заносе ВЗН, тогда как резидентные виды, обитающие на определенной территории, участвуют в амплификации и локальной циркуляции вирусов. При этом возбудитель ЛЗН может зимовать в инфицированных самках комаров, а также в птицах, что устраняет необходимость в постоянном повторном заносе мигрирующими видами [32, 33].

Наиболее частым механизмом заражения у птиц является укус комаров, которые ранее были инфицированы от другой (зараженной) птицы. У многих видов птиц после инфицирования не развиваются какие-либо симптомы заболевания. Однако некоторые виды, такие как вороны, сойки и хищные птицы, могут погибнуть от инфекции. Другой механизм передачи ВЗН – контактный. Он может привести к заражению, так как некоторые виды птиц выделяют большое количество вируса с клоакальными экскретами. Контактная передача может быть эпизоотически значимой, когда большое количество птиц концентрируется в одном районе (в гнездовых колониях или на остановках во время миграции). У хищных птиц, таких как ястребообразные, совообразные и др., вирус может передаваться при питании инфицированными птицами и другими позвоночными, восприимчивыми к ВЗН, которые служат добычей для хищных птиц либо являются падалью. Длительное сохранение возбудителя ЛЗН в тканях инфицированных животных может увеличить вероятность заражения хищных птиц даже через несколько месяцев после окончания сезона лёта комаров, что обеспечивает механизм перезимовки вируса [34].

Через территорию России проходят пять основных миграционных путей диких птиц: восточно-атлантический,

средиземноморско-черноморский, западноазиатско-африканский, центральноазиатский и восточноазиатско-австралазийский³. При этом разные популяции одного и того же вида могут использовать разные пролетные пути, а могут и один. На территорию Российской Федерации птицы заносят вирус из стран Африки, Юго-Западной и Юго-Восточной Азии. Из Африки занос ВЗН в европейскую часть России осуществляют птицы, придерживающиеся осенью южного и юго-западного направления перелета: озёрная чайка, перепела, ласточки, утки, кулики, грачи, скворцы и многие другие. Юго-западное направление осеннего перелета свойственно и птицам Западной Сибири: гуси, утки, кулики, чайки, воробьинообразные. Различия в путях миграции птиц и определяют факт существования очагов инфекции, сформированных разными генотипами на сопредельных территориях как в Европе, так и в России. Даже в Волгоградской и Астраханской областях отличаются как видовой состав, так и пути миграции перелетных птиц [27].

Пути миграции птиц в центральных районах европейской части России проходят в меридиональном направлении в основном по долинам рек. Места концентрации располагаются по водохранилищам, озерам и заболоченным территориям. Весенняя миграция происходит с середины марта по май, осенняя – с сентября по октябрь. В эти периоды кругло-суточные перелеты совершают утки, гуси, журавли, чайки и другие птицы околотовского комплекса. Более 50 видов птиц были вовлечены в передачу вируса на водно-болотных угодьях и в окрестностях дельты Волги. Среди диких птиц как хозяева вируса чаще всего были идентифицированы айсты и другие птицы отряда голенастые (аистообразные), а также большой баклан (*Phalacrocorax carbo*), лысуха (*Fulica atra*), камышица (*Gallinula chloropus*), большая поганка (*Podiceps cristatus*), чайка и крачка (семейство *Laridae*) [26].

Птицы различаются по восприимчивости к инфекции и тяжести заболевания. Некоторые виды практически не проявляют симптомы инфекции, но остаются вируемичными в течение нескольких дней после заражения, а затем вырабатывают пожизненный иммунитет. У других видов возникают тяжелые неврологические состояния и наступает внезапная смерть [18, 22, 35]. Большинство видов домашней птицы невосприимчивы к заболеванию. У птиц отряда курообразных (куры, фазаны, цесарки, индейки) заболеваемость и смертность отсутствуют, а вируемичность очень низкая. Хищные птицы (ястребы, совы, орлы), напротив, явно восприимчивы к естественному заражению и демонстрируют широкий спектр клинических признаков [34]. У некоторых видов птиц вирус поражает центральную нервную систему и такие органы, как сердце, печень, селезенка и почки. Симптомы варьируют от потери веса, летаргии, нарушения зрения до неврологических признаков, включая слабость, потерю координации, наклон головы и тремор [19].

Члены семейства врановых (вороны, сойки, сороки) особенно важны в качестве маркеров циркуляции ВЗН, поскольку у них развивается смертельный энцефалит, что стоит расценивать как индикатор активности вируса в новых эндемичных районах. Так, гибель американских воронов (*Corvus brachyrhynchos*) около зоопарка Бронкса в 1999 г. возвестила о появлении в регионе ВЗН, и с тех пор эти птицы служат полезным индикатором данного заболевания [36].

Восприимчивые животные. Некоторые дикие позвоночные, такие как белки, бурундуки, домовые мыши, хомяки, летучие мыши, медведи, волки, тигры, львы, полосатые скунсы, еноты и крокодилы, также подвержены воздействию ВЗН. Кабаны являются идеальными индикаторными животными для выявления циркуляции возбудителя ЛЗН, поскольку они часто контактируют с инфицированными комарами в есте-

ственной среде обитания (лесных ландшафтах), а также имеют подходящие физические характеристики (низкая плотность шерсти и тонкий эпидермис), что является предпочтительным для комаров. Использование альтернативных индикаторов может помочь в обнаружении путей передачи ВЗН за пределами энзоотического цикла «птица – комар – птица». В частности, наблюдение за дикими млекопитающими может охватывать разнообразные места обитания и временные интервалы, в течение которых может происходить передача вируса [37]. Из домашних животных к ВЗН восприимчивы лошади, коровы, овцы, свиньи, собаки, кошки и другие, но их роль в поддержании цикла ВЗН в природе пока не определена [11]. Как правило, у этих видов развивается недостаточная для передачи вируса вируемичность, и они считаются случайными или тупиковыми хозяевами [17].

Инфицирование лошадей ВЗН в большинстве случаев протекает субклинически, однако у некоторых животных все же могут наблюдаться клинические признаки болезни. В результате экспериментального заражения установлено, что инкубационный период до появления первых неврологических признаков у лошадей составляет 7–9 сут. Наиболее распространенными клиническими признаками являются слабость, анорексия, потеря аппетита и летаргия, развиваются заболевания глаз, хотя слепота считается одним из самых редких клинических проявлений. Чаще всего могут наблюдаться энтероколит, колики, выпадение прямой кишки, хромота, боль в шейном и грудном отделах, анемия, воспаление языка, желтуха (указывающая на поражение печени) и нарушение мочеиспускания (указывающее на поражение почек). Нейроинвазивные формы проявляются приблизительно на 7-е сут после экспериментального инфицирования и характеризуются атаксией, мышечной слабостью, лихорадкой, анорексией, летаргией, скрежетом зубов, гидрофобией, тревогой, круговыми движениями, генерализованным мышечным тремором и лицевым параличом. ВЗН преимущественно поражает мотонейроны черепных нервов среднего и ромбовидного мозга, что приводит к появлению таких клинических признаков, как затрудненное глотание, слюнотечение и односторонний паралич лицевого нерва. У лошадей в наибольшей степени поражаются спинной мозг и серое вещество среднего и ромбовидного мозга, тогда как кора головного мозга, по-видимому, затронута в меньшей степени. Уровень смертности лошадей, страдающих нейроинвазивными заболеваниями, составляет от 22 до 36%, при этом он выше у пожилых лошадей и лошадей с ослабленным иммунитетом, а также у жеребят младше 12 мес. [38, 39].

Идентификация вируса. Диагностика ЛЗН играет ключевую роль в изучении вируса и отслеживании эпидемиологической обстановки по данному заболеванию. Учитывая риск субклинического течения инфекции, диагностические исследования включают лабораторные методы с использованием комплекса тестов для подтверждения наличия вируса и дифференциальной диагностики с другими ортофлавиридными заболеваниями. Точная постановка диагноза требует сочетания молекулярных, серологических и вирусологических методов, что обеспечивает комплексный подход к выявлению болезни.

В последнее время диагностика ЛЗН претерпела значительные изменения с внедрением современных методов молекулярной диагностики. Эти технологии существенно повысили чувствительность, специфичность и общую эффективность выявления этой потенциально опасной инфекции. В частности, полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) – это молекулярный диагностический инструмент, который позволяет обнаружить РНК ВЗН в крови, спинномозговой жидкости или образцах тканей на ранних стадиях инфекции, особенно в случае наличия тяжелых неврологических симптомов, таких как

³ Краснова Е. Д. О птичьих перелетах. РОСИП. <https://birdsrussia.ru/about/articles/e-d-krasnova-o-ptichikh-pereletakh>

энцефалит или менингит. Этот метод бесценен для обнаружения вируса во время острой фазы инфекции, хотя диагностическое окно относительно короткое и обычно ограничивается первыми несколькими днями после заражения. ОТ-ПЦР в реальном времени дает более комплексные результаты, позволяя определить вирусную нагрузку, что имеет решающее значение для мониторинга циркуляции вируса в популяциях людей и животных, а также переносчиков – комаров [38]. Внедрение количественной ОТ-ПЦР для выявления РНК возбудителя в моче стало важным инструментом, особенно при подтверждении нейроинвазивных форм ЛЗН. По сравнению с анализом крови данный подход позволяет обнаруживать вирус в моче в более высоких концентрациях и на протяжении более длительного времени, что способствует увеличению числа выявляемых случаев. Более того, применение цельной крови для ПЦР-тестирования, как показано во время вспышки в Аризоне в 2021 г., оказалось более эффективным, чем использование спинномозговой жидкости или сыворотки крови. Такой подход обеспечивает более быстрое и точное получение диагностических данных, что критически важно для своевременного и эффективного лечения нейроинвазивных форм заболевания [40].

Наиболее часто используемые серологические методы обнаружения антител к ВЗН включают иммуноферментный анализ (ИФА) и реакции нейтрализации. Антитела можно выявить в сыворотке крови лошадей с помощью твердофазного ИФА с захватом IgM и IgG, реакции торможения гемагглютинации (РТГА), реакции нейтрализации бляшкообразования (РНБО) и реакции микронейтрализации вируса (PMN). ИФА с захватом IgM позволяет обнаружить антитела, которые появились в сыворотке крови лошадей в период первых клинических признаков. Данные иммуноглобулины обычно вырабатываются на 7–10-й день после инфицирования и сохраняются до 1–2 мес. Специфические антитела класса G к ВЗН обнаруживаются вскоре после IgM и сохраняются в течение многих лет, поэтому наличие только IgG свидетельствует лишь о перенесенной инфекции [11]. Антитела, нейтрализующие ВЗН, выявляются в сыворотке крови лошадей через две недели после инфицирования и могут сохраняться более года. В некоторых серологических исследованиях возможны перекрестные реакции антител с близкородственными флавивирусами, такими как вирус Усуту, энцефалита Сент-Луис, японского энцефалита или клещевого энцефалита. Для дифференциации ВЗН от других флавивирусов используется РНБО.

Вирус способен размножаться в восприимчивых клеточных культурах, таких как клетки почек кролика (RK-13) и клетки почек африканской зеленой мартышки (Vero), а также в куриных яйцах с развивающимися эмбрионами. Для первичного выделения вируса могут использоваться куриные эмбрионы или клеточные линии *Aedes albopictus* Сб/36, после чего проводится пассирование в клетках млекопитающих. Для проявления цитопатического эффекта может потребоваться несколько пассажей. Подтверждение наличия ВЗН осуществляется с помощью непрямого флуоресцентного окрашивания инфицированных культур или методов детекции нуклеиновой кислоты [41].

Методы иммуногистохимии позволяют выявить макроscopicкую и микроскопическую патологию, связанную с энцефалитом Западного Нила, в тканях центральной нервной системы [42].

Лечение и профилактика болезни. Принципы лечения ЛЗН являются чисто симптоматическими и включают в себя поддержание адекватной гидратации и купирование боли, связанной с воспалением. У пациентов с тяжелыми неврологическими симптомами часто требуются контроль судорог и респираторная поддержка [34].

Мировые стратегии профилактики ЛЗН включают в себя два подхода: вакцинацию и борьбу с комарами. Иммунизация

представляется наиболее эффективной мерой противодействия флавивирусам, особенно в группах высокого риска. Однако, несмотря на то что было разработано несколько вакцин – кандидатов против ЛЗН для людей, ни одна из них не была лицензирована. В настоящее время несколько вакцин для людей проходят I и II фазы клинических испытаний. Стратегии разработки включают живые аттенуированные вакцины, субъединичные вакцины и рекомбинантные ДНК-вакцины [43].

Вакцины для ветеринарного применения направлены на профилактику заражения животных, восприимчивых к ВЗН. По данным американских ученых, в США лицензированы четыре вакцины против ЛЗН для лошадей: две инактивированные цельновирсионные; модифицированная живая рекомбинантная, содержащая в качестве вектора вирус оспы канареек, и химерная вакцина, которая объединяет антиген ВЗН с инактивированным флавивирусом [44, 45]. Вакцины против ЛЗН доказали свою защитную силу, и их использование в значительной степени способствовало снижению заболеваемости лошадей в США. Однако, несмотря на доказанную эффективность данных вакцин, они все еще имеют некоторые ограничения, к ним относятся необходимость повторных введений при первоначальной иммунизации и относительно короткая продолжительность иммунитета, что делает необходимыми ежегодные ревакцинации. Следовательно, эти аспекты должны быть учтены для улучшения существующих вакцин и вакцин-кандидатов, находящихся на стадии разработки [11]. Препараты для защиты собак, кошек, крупного рогатого скота, свиней, крокодилов и птиц от инфицирования ВЗН находятся на стадии разработки.

В России эффективные и безопасные вакцины против ЛЗН пока не разработаны, что становится причиной регулярного возникновения вспышек как в эндемичных, так и неэндемичных районах. В связи с этим особое внимание должно уделяться профилактическим мерам, направленным на снижение распространения вируса в окружающей среде, в том числе среди птиц, животных и комаров. Чтобы предотвратить заражение ВЗН, нужно защищаться от укусов комаров, использовать репелленты, москитные сетки, фумигаторы, контролировать, чтобы на садовых и дачных участках не было емкостей с затхлой водой, избегать нахождения в заболоченных местах, а при посещении лесопарковых зон и берегов водоемов носить закрытую одежду. Также следует исключить прямой контакт с большими или мертвыми птицами, включая их фекалии и перья; надевать перчатки, если необходимо подбирать птиц, например, чтобы отвезти их в ветеринарный центр; тщательно мыть руки после обращения с птицей и любыми поверхностями, с которыми она соприкасалась; в случае подозрения на возникновение ЛЗН среди людей, домашних животных и птиц своевременно информировать об этом официальные органы здравоохранения и государственного ветеринарного надзора [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вирус Западного Нила не классифицируется как вирус – кандидат на пандемию, поскольку его распространение и клиническая значимость варьируются в зависимости от региона и условий окружающей среды. Тем не менее он вызывает значительный интерес у исследователей различных направлений, включая медиков, работников общественного здравоохранения, экологов, ветеринаров, эпидемиологов и специалистов по инфекционным болезням. Это связано со способностью ВЗН вызывать тяжелые неврологические состояния у людей, особенно у лиц пожилого возраста и пациентов с ослабленным иммунитетом, что делает его потенциальной угрозой для уязвимых групп населения. Кроме того, клинические проявления ЛЗН можно наблюдать у животных и птиц, что подчеркивает значение ВЗН как зоонозного возбудителя. Тенденция глобального

изменения климата, наблюдаемая в последние десятилетия, способствует расширению ареала обитания переносчиков арбовирусов и, соответственно, увеличивает риск распространения патогенов в новые, ранее не эндемичные районы. Это может привести к изменению эпидемиологической картины и появлению новых очагов инфекции. Учитывая данные факторы, ВЗН заслуживает пристального внимания со стороны научного сообщества и органов здравоохранения. Его можно отнести к группе потенциально опасных угроз глобальному здравоохранению, особенно в условиях устойчивого изменения климата [46].

В настоящее время исследования сосредоточены на разработке и совершенствовании новых методов диагностики, лечения и профилактики ЛЗН. Особое внимание уделяется молекулярной диагностике, позволяющей быстро и точно выявлять вирус в биологических образцах. Также активно изучаются иммунологические аспекты болезни, включая механизм формирования иммунитета и возможные пути создания эффективных вакцин. Иммунизация является одним из наиболее эффективных средств профилактики болезней, и разработка вакцины против ЛЗН могла бы стать важным прорывом в борьбе с этой инфекцией, особенно для групп риска. Однако на сегодняшний день иммунологические профилактические препараты против ЛЗН в России не разработаны и не сертифицированы. В связи с этим комплексный подход «Единое здоровье», включающий в себя привлечение органов общественного здравоохранения, ветеринарии и охраны окружающей среды, мог бы стать наиболее эффективным и действенным механизмом борьбы с лихорадкой Западного Нила.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Weissenböck H., Hubálek Z., Bakonyi T., Nowotny N. Zoonotic mosquito-borne flaviviruses: worldwide presence of agents with proven pathogenicity and potential candidates of future emerging diseases. *Veterinary Microbiology*. 2010; 140 (3–4): 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.08.025>
- Gossner C. M., Marrama L., Carson M., Allerberger F., Calistri P., Dilaveris D., et al. West Nile virus surveillance in Europe: moving towards an integrated animal-human-vector approach. *Eurosurveillance*. 2017; 22 (18):30526. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2017.22.18.30526>
- Pervanidou D., Kefaloudi C. N., Vakali A., Tsakalidou O., Karatheodorou M., Tsioka K., et al. The 2022 West Nile virus season in Greece; a quite intense season. *Viruses*. 2023; 15 (7):1481. <https://doi.org/10.3390/v15071481>
- De Freitas Costa E., Streng K., Avelino de Souza Santos M., Counotte M. J. The effect of temperature on the boundary conditions of West Nile virus circulation in Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2024; 18 (5):e0012162. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012162>
- Львов Д. К., Писарев В. Б., Петров В. А., Григорьева Н. В. Лихорадка Западного Нила: по материалам вспышек в Волгоградской области в 1999–2002 гг. Волгоград: Издатель; 2004. 102 с.
- Lvov D. K., Pisarev V. B., Petrov V. A., Grigorieva N. V. West Nile fever: data on the disease outbreaks in Volgograd Oblast in 1999–2002. Volgograd: lzdatel'; 2004. 102 p. (in Russ.)
- Топорков А. В., Путинцева Е. В., Удовиченко С. К. Лихорадка Западного Нила как актуальная угроза здоровью: история изучения и меры профилактики в России. *Анализ риска здоровью*. 2023; (3): 138–149. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.13>
- Toporkov A. V., Putintseva E. V., Udovichenko S. K. West Nile fever as a relevant health hazard: the history of studying and measures of its prevention in Russia. *Health Risk Analysis*. 2023; (3): 124–135. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.13.eng>
- Tucker C., Keyel J., Blue A., Chun R., Estrada A., Khalili H., et al. The intersection of interprofessional education and One Health: a qualitative study in human and veterinary medical institutions. *One Health*. 2024; 19:100767. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100767>
- Bansal D., Jaffrey S., Al-Emadi N. A., Hassan M., Islam M. M., Al-Baker W. A. A., et al. A new One Health framework in Qatar for future emerging and re-emerging zoonotic diseases preparedness and response. *One Health*. 2023; 16:100487. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100487>
- Young J. J., Coulombier D., Domanović D., European Union West Nile fever working group, Zeller H., Gossner C. M. One Health approach for West Nile virus surveillance in the European Union: relevance of equine data for blood safety. *Eurosurveillance*. 2019; 24 (16):1800349. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2019.24.16.1800349>
- Calistri P., Giovannini A., Hubalek Z., Ionescu A., Monaco F., Savini G., Lelli R. Epidemiology of West Nile in Europe and in the Mediterranean Basin. *The Open Virology Journal*. 2010; (4): 29–37. <https://doi.org/10.2174/1874357901004010029>
- Saiz J.-C., Martín-Acebes M. A., Blázquez A. B., Escribano-Romero E., Poderoso T., Jiménez de Oya N. Pathogenicity and virulence of West Nile virus revisited eight decades after its first isolation. *Virulence*. 2021; 12 (1): 1145–1173. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1908740>
- Petersen L. R., Brault A. C., Nasci R. S. West Nile virus: review of the literature. *Journal of the American Medical Association*. 2013; 310 (3): 308–315. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.8042>
- Rizzoli A., Jiménez-Clavero M. A., Barzon L., Cordioli P., Figuerola J., Koraka P., et al. The challenge of West Nile virus in Europe: knowledge gaps and research priorities. *Eurosurveillance*. 2015; 20 (20):21135. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2015.20.20.21135>
- Bakonyi T., Ivanics É., Erdélyi K., Ursu K., Ferenczi E., Weissenböck H., Nowotny N. Lineage 1 and 2 strains of encephalitic West Nile virus, Central Europe. *Emerging Infectious Diseases*. 2006; 12 (4): 618–623. <https://doi.org/10.3201/eid1204.051379>
- Mann R. A., Fegan M., O'Riley K., Motha J., Warner S. Molecular characterization and phylogenetic analysis of Murray valley encephalitis virus and West Nile virus (Kunjin subtype) from an arboviral disease outbreak in horses in Victoria, Australia, in 2011. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2013; 25 (1): 35–44. <https://doi.org/10.1177/1040638712467985>
- Antonov A. S., Shpak I. M., Ustinov D. V., Izhberdeeva M. P., Guseva A. N., Galkina A. Y., et al. Phylogenetic analysis and molecular genetic characteristics of West Nile virus lineage 2 isolates circulating in the Russian Federation. *Viruses*. 2024; 60 (4): 370–376. <https://doi.org/10.1007/s11262-024-02079-2>
- Ganzenberg S., Sieg M., Ziegler U., Pfeffer M., Vahlenkamp T. W., Hörügel U., et al. Seroprevalence and risk factors for equine West Nile virus infections in Eastern Germany, 2020. *Viruses*. 2022; 14 (6):1191. <https://doi.org/10.3390/v14061191>
- Reed K. D., Meece J. K., Henkel J. S., Shukla S. K. Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clinical Medicine & Research*. 2003; 1 (1): 5–15. <https://doi.org/10.3121/cm.1.1.5>
- Fiacre L., Pagès N., Albina E., Richardson J., Lecollinet S., Gonzalez G. Molecular determinants of West Nile virus virulence and pathogenesis in vertebrate and invertebrate hosts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21 (23):9117. <https://doi.org/10.3390/ijms21239117>
- Mencattelli G., Ndione M. H. D., Silverj A., Diagne M. M., Curini V., Teodori L., et al. Spatial and temporal dynamics of West Nile virus between Africa and Europe. *Nature Communications*. 2023; 14 (1):6440. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42185-7>
- Liu J.-S., Li X.-C., Zhang Q.-Y., Han L.-F., Xia S., Kasseghe K., et al. China's application of the One Health approach in addressing public health threats at the human-animal-environment interface: Advances and challenges. *One Health*. 2023; 17:100607. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100607>
- Williams R. A. J., Sánchez-Llatas C. J., Doménech A., Madrid R., Fandiño S., Cea-Callejo P., et al. Emerging and novel viruses in passerine birds. *Microorganisms*. 2023; 11 (9):2355. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092355>
- Young J. J., Haussig J. M., Aberle S. W., Pervanidou D., Riccardo F., Sekulić N., et al. Epidemiology of human West Nile virus infections in the European Union and European Union enlargement countries, 2010 to 2018. *Eurosurveillance*. 2021; 26 (19):2001095. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2021.26.19.2001095>
- Habarugira G., Suen W. W., Hobson-Peters J., Hall R. A., Bielefeldt-Ohmann H. West Nile virus: an update on pathobiology, epidemiology, diagnostics, control and "One Health" implications. *Pathogens*. 2020; 9 (7):589. <https://doi.org/10.3390/pathogens9070589>
- Hamel R., Narpon Q., Serrato-Pomar I., Gauliard C., Berthomieu A., Wicht S., et al. West Nile virus can be transmitted within mosquito populations through infectious mosquito excreta. *iScience*. 2024; 27 (11):111099. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111099>
- Shartova N., Mironova V., Zelikhina S., Korennoy F., Grishchenko M. Spatial patterns of West Nile virus distribution in the Volgograd region of Russia, a territory with long-existing foci. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2022; 16 (1):e0010145. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010145>
- Батурина А. А., Антонов В. А., Смелянский В. П., Жуков К. В., Чернобай В. Ф., Колякина Н. Н. Роль птиц как потенциальных резервуаров вируса Западного Нила на территории Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2012; (4): 18–21. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-4-18-21>
- Baturin A. A., Antonov V. A., Smelyansky V. P., Zhukov K. V., Chernobay V. F., Kolyakina N. N. The role of birds as potential reservoirs of West Nile virus in the territory of the Russian Federation. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2012; (4): 18–21. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-4-18-21> (in Russ.)

28. Львов Д. Н., Шелканов М. Ю., Джаркенов А. Ф., Галкина И. В., Колобухина Л. В., Аристова В. А. и др. Популяционные взаимодействия вируса Западного Нила (*Flaviviridae, Flavivirus*) с членистоногими переносчиками, позвоночными животными, людьми в среднем и нижнем поясах дельты Волги, 2001–2006 гг. *Вопросы вирусологии*. 2009; 54 (2): 36–43. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/11905>
- L'vov D. N., Shchelkanov M. Y., Dzharckenov A. F., Galkina I. V., Kolobukhina L. V., Aristova V. A., et al. Population interactions of West Nile virus (*Flaviviridae, Flavivirus*) with arthropod vectors, vertebrates, humans in the middle and low belts of Volga delta in 2001–2006. *Problems of Virology*. 2009; 54 (2): 36–43. <https://virusjour.crie.ru/jour/article/view/11905> (in Russ.)
29. Матросов А. Н., Чекашов В. Н., Поршаков А. М., Яковлев С. А., Шилов М. М., Кузнецов А. А. и др. Условия циркуляции вируса и предпосылки формирования природных очагов лихорадки Западного Нила в Саратовской области. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2013; (3): 17–22. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2013-3-17-22>
- Matrosov A. N., Chekashov V. N., Porshakov A. M., Yakovlev S. A., Shilov M. M., Kuznetsov A. A., et al. Conditions for virus circulation and premises for natural West Nile fever foci formation in the territory of the Saratov Region. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2013; (3): 17–22. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2013-3-17-22> (in Russ.)
30. Haussig J. M., Young J. J., Gossner C. M., Mezei E., Bella A., Sirbu A., et al. Early start of the West Nile fever transmission season 2018 in Europe. *Eurosurveillance*. 2018; 23 (32):1800428. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2018.23.32.1800428>
31. Esser H. J., Mögling R., Cleton N. B., van der Jeugd H., Sprong H., Stroo A., et al. Risk factors associated with sustained circulation of six zoonotic arboviruses: a systematic review for selection of surveillance sites in non-endemic areas. *Parasites and Vectors*. 2019; 12 (1):265. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3515-7>
32. Mancuso E., Cecere J. G., Iapaolo F., Di Gennaro A., Sacchi M., Savini G., et al. West Nile and Usutu virus introduction via migratory birds: a retrospective analysis in Italy. *Viruses*. 2022; 14 (2):416. <https://doi.org/10.3390/v14020416>
33. Fair J. M., Al-Hmoud N., Alrwashdeh M., Bartlow A. W., Balkhamishvili S., Daraselvia I., et al. Transboundary determinants of avian zoonotic infectious diseases: challenges for strengthening research capacity and connecting surveillance networks. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15:1341842. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1341842>
34. Vidaña B., Busquets N., Napp S., Pérez-Ramírez E., Jiménez-Clavero M. Á., Johnson N. The role of birds of prey in West Nile virus epidemiology. *Vaccines*. 2020; 8 (3):550. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030550>
35. Michel F., Fischer D., Eiden M., Fast C., Reuschel M., Müller K., et al. West Nile virus and Usutu virus monitoring of wild birds in Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15 (1):171. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010171>
36. Eidson M., Komar N., Sorhage F., Nelson R., Talbot T., Mostashari F., et al. Crow deaths as a sentinel surveillance system for West Nile virus in the northeastern United States, 1999. *Emerging Infectious Diseases*. 2001; 7 (4): 615–620. <https://doi.org/10.3201/eid0704.010402>
37. Holicki C. M., Ziegler U., Gaede W., Albrecht K., Hänske J., Walrath J. et al. Tracking WNV transmission with a combined dog and wild boar surveillance system. *Scientific Report*. 2025; 15 (1):11083. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89561-5>
38. Bruno L., Nappo M. A., Frontoso R., Perrotta M. G., Di Lecce R., Guarneri C., et al. West Nile virus (WNV): one-health and eco-health global risks. *Veterinary Sciences*. 2025; 12 (3):288. <https://doi.org/10.3390/vetsci12030288>
39. Naveed A., Eertink L. G., Wang D., Li F. Lessons learned from West Nile virus infection: vaccinations in equines and their implications for One Health approaches. *Viruses*. 2024; 16 (5):781. <https://doi.org/10.3390/v16050781>
40. Singh P., Khatib M. N., Ballal S., Kaur M., Nathiya D., Sharma S., et al. West Nile virus in a changing climate: epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges – a comprehensive review. *Emerging Microbes & Infections*. 2025; 14 (1):2437244. <https://doi.org/10.1080/22221751.2024.2437244>
41. World Organization for Animal Health. West Nile Fever. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.24_WEST_NILE.pdf
42. Sewgobind S., McCracken F., Schilling M. JMM Profile: West Nile virus. *Journal of Medical Microbiology*. 2023; 72 (7):001730. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001730>
43. Chang S., Xiaojuan G., Xiaotian H., Mengzhe L., Chengcheng Z., Jialuo B., et al. Humoral and cellular immune response to a single dose of a novel bivalent recombinant adenovirus-vector vaccine against West Nile virus and chikungunya virus in mice. *Virology Journal*. 2025; 22 (1):256. <https://doi.org/10.1186/s12985-025-02878-5>
44. Cendejas P. M., Goodman A. G. Vaccination and control methods of West Nile virus infection in equids and humans. *Vaccines*. 2024; 12 (5):485. <https://doi.org/10.3390/vaccines12050485>
45. Diamond M. S. Virus and host determinants of West Nile virus pathogenesis. *PLoS Pathogens*. 2009; 5 (6):e1000452. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000452>
46. Brüssow H., Figuerola J. The spread of the mosquito-transmitted West Nile virus in North America and Europe. *Microbial Biotechnology*. 2025; 18 (3):e70120. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.70120>

Поступила в редакцию / Received 18.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 05.11.2025

Принята к публикации / Accepted 13.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Михалева Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, ученый секретарь СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-6411-6027>, tatyanamihaleva@mail.ru

Tatyana V. Mikhaleva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Academic Secretary, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-6411-6027>, tatyanamihaleva@mail.ru

Гасанов Руслан Рамизович, канд. вет. наук, начальник группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0009-0002-5654-4077>, rus_gasnov@mail.ru

Ruslan R. Gasanov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of the Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0009-0002-5654-4077>, rus_gasnov@mail.ru

Коннова Светлана Сергеевна, заместитель директора СарНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Саратов, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1282-7980>, konnovass@yandex.ru

Svetlana S. Konnova, Deputy Director, Saratov Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Saratov, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1282-7980>, konnovass@yandex.ru

Лунина Дарья Александровна, заместитель руководителя группы СамНИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Daria A. Lunina, Deputy Head of the Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-1132-6733>, dalunina91@gmail.com

Вклад авторов: Михалева Т. В. – идея, общее руководство, написание текста статьи, редактирование, утверждение окончательного варианта; Гасанов Р. Р. – написание текста статьи; Коннова С. С. – написание текста статьи; Лунина Д. А. – визуализация материала путем картирования.

Contribution of the authors: Mikhaleva T. V. – concept, management, paper text preparation, editing, finalizing; Gasanov R. R. – paper text preparation; Konnova S. S. – paper text preparation; Lunina D. A. – data visualization, mapping.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-28-37>
УДК 619:599.8:616.24-002:616-091.8



Патоморфологические, бактериологические и вирусологические особенности пневмоний у обезьян, содержащихся в неволе

В. А. Калашникова, Е. Ю. Радомская, Д. В. Булгин, В. И. Полякова, Д. И. Догадов, А. В. Демерчян, Н. В. Щербак,
Д. В. Чуканов, А. М. Гончаренко, А. А. Миносян, И. М. Аршба

Курчатовский комплекс медицинской приматологии ФГБУ Национальный исследовательский центр «Курчатowski институт»
(ККМП НИЦ «Курчатowski институт»), ул. Академика Лапина, 177, с. Веселое, Адлерский район, г. Сочи, 354376, Краснодарский край, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В ветеринарии проблема возникновения и лечения респираторных инфекций актуальна в связи с высоким уровнем заболеваемости среди разных видов животных. У обезьян, содержащихся в условиях неволи, пневмонии, наряду с желудочно-кишечными заболеваниями, являются одной из главных причин гибели.

Цель исследования. Изучение заболеваемости обезьян пневмонией, анализ спектра легочной микрофлоры, изучение патоморфологических изменений в легочной ткани.

Материалы и методы. При изучении 1862 случаев гибели обезьян патоморфологические, микроскопические и бактериологические исследования проводили по общепринятым методикам. Выявление возбудителей острых респираторных вирусных инфекций и антител к ним осуществляли методами полимеразной цепной реакции и иммуноферментного анализа при исследовании образцов легких и сывороток крови от 126 обезьян, погибших с диагнозом «пневмония» в 2021–2024 гг.

Результаты. У 865 обезьян *postmortem* поставлен диагноз «пневмония» (46,5%). Гибель от пневмоний малышей первого месяца жизни приближается к 100%. У детенышей возрастом до одного года показатель смертности составляет 65,4%. Полученные данные свидетельствуют о высокой частоте заболевания в этих возрастных группах. Гибель обезьян от пневмоний регистрируется на протяжении всего года. На основании патолого-анатомических исследований установлено, что чаще возникает двусторонняя полисегментарная бронхопневмония, реже – долевая фибринозная пневмония с развитием воспалительного процесса в правом легком. При микроскопическом исследовании в просвете бронхов выявляются гнойные экссудаты и кокковая микрофлора. Среди бактерий, выделенных из ткани легких, наибольший процент составляют энтеробактерии (58,5%) и грамположительные кокки (36,6%). Спектр выделенных видов микроорганизмов разнообразный, но в большинстве случаев представлен кишечными бактериями: *Escherichia coli* (66,1%), *Enterococcus* spp. (27,5%), *Proteus* spp. (31,5%). Из возможных бактериальных возбудителей пневмоний обнаружены *Staphylococcus aureus* (31,5%), *Klebsiella pneumoniae* (2,2%), *Pseudomonas aeruginosa* (0,8%), *Streptococcus pneumoniae* (0,6%). В стаде обезьян также циркулируют аденовирусы, вирусы парагриппа человека типа 1 и 3 и респираторно-синцитиальный вирус.

Заключение. При анализе возможной роли микроорганизмов в развитии пневмоний у обезьян необходимо учитывать, что у большинства животных заболевание развивалось на фоне патологий желудочно-кишечного тракта и при сниженном иммунитете.

Ключевые слова: обезьяны, пневмония, патоморфология, бактериология, вирусология

Благодарности: Исследование выполнено в рамках государственного задания НИЦ «Курчатowski институт» за счет средств госбюджета, входит в раздел научных исследований «Комплексные исследования физиологии, а также этиологии и патогенеза заболеваний обезьян различных видов, возраста и пола». Работа проведена с использованием оборудования ЦКП «Примат».

Для цитирования: Калашникова В. А., Радомская Е. Ю., Булгин Д. В., Полякова В. И., Догадов Д. И., Демерчян А. В., Щербак Н. В., Чуканов Д. В., Гончаренко А. М., Миносян А. А., Аршба И. М. Патоморфологические, бактериологические и вирусологические особенности пневмоний у обезьян, содержащихся в неволе. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 28–37. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-28-37>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Калашникова Виктория Алексеевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекционной патологии, ККМП НИЦ «Курчатowski институт», ул. Академика Лапина, 177, с. Веселое, Адлерский район, г. Сочи, 354376, Краснодарский край, Россия, vikky.aw@gmail.com

Pathomorphological, bacteriological and virological features of pneumonia in captive monkeys

Victoria A. Kalashnikova, Elena Yu. Radomskaya, Dmitry V. Bulgin, Veronika I. Polyakova, Dmitry I. Dogadov, Alvard V. Demerchyan,
Natalia V. Shcherbak, Dmitry V. Chukanov, Alexandra M. Goncharenko, Albert A. Minosyan, Ilona M. Arshba

Kurchatov Complex of Medical Primatology of National Research Centre “Kurchatov Institute”, ul. Academica Lapina, 177, Vesyoloye, Adlersky City District, Sochi 354376, Krasnodar Krai, Russia

ABSTRACT

Introduction. Respiratory infections pose a significant challenge in veterinary practice due to their high prevalence across various animal species. Pneumonia and gastrointestinal diseases are leading causes of mortality in captive primates.

Objective. Study of pneumonia incidence in monkeys, the analysis of pulmonary microbiota composition, study of pathomorphological lesions in lung tissue.

Materials and methods. Common methods were used for pathomorphological, microscopic and bacteriological examinations of 1,862 dead monkeys. Lung samples and serum samples from 126 monkeys died of pneumonia in 2021–2024 were tested for acute respiratory viral pathogens as well as for antibodies to them with polymerase chain reaction (PCR) and enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA).

© Калашникова В. А., Радомская Е. Ю., Булгин Д. В., Полякова В. И., Догадов Д. И., Демерчян А. В., Щербак Н. В., Чуканов Д. В., Гончаренко А. М., Миносян А. А., Аршба И. М., 2026

Results. Pneumonia was postmortem diagnosed in 865 monkeys (46.5%). The mortality rate for pneumonia in baby monkeys during their first month of life reached 100%. In baby monkeys under one year of age, the mortality rate was 65.4%. The obtained data showed that the disease incidence in these age groups was high. Deaths of monkeys due to pneumonia were reported throughout the year. Based on postmortem examinations, bilateral polysegmental bronchopneumonia was the most frequent finding, lobar fibrinous pneumonia affecting the right lung was less common. Microscopic analysis detected purulent exudate and cocci bacteria in the bronchial lumen. The predominant bacteria isolated from lung tissue were enterobacteria (58.5%) and Gram-positive cocci (36.6%). Various microorganisms were isolated but the most frequently enteric bacteria were as follows: *Escherichia coli* (66.1%), *Enterococcus* spp. (27.5%) and *Proteus* spp. (31.5%). The following bacterial pathogens associated with pneumonia were detected: *Staphylococcus aureus* (31.5%), *Klebsiella pneumoniae* (2.2%), *Pseudomonas aeruginosa* (0.8%) and *Streptococcus pneumoniae* (0.6%). Adenoviruses, human parainfluenza viruses of type 1 and type 3 and respiratory syncytial virus (RSV) were also circulated in the monkey colony.

Conclusion. During analysis of microbial etiology of pneumonia in monkeys it shall be considered that pneumonia is frequently arisen as a secondary infection, heavily influenced by underlying gastrointestinal pathologies and immunosuppression.

Keywords: monkeys, pneumonia, pathomorphology, bacteriology, virology

Acknowledgements: The study performed as part of research topic "Comprehensive studies of monkey physiology and disease etiology/pathogenesis based on the monkey age, sex and species" was carried out within the framework of the state assignment to the National Research Center "Kurchatov Institute" and funded from the state budget. Equipment provided by the "Primat" Centre for common use of scientific equipment was used for the study.

For citation: Kalashnikova V. A., Radomskaya E. Yu., Bulgin D. V., Polyakova V. I., Dogadov D. I., Demerchyan A. V., Shcherbak N. V., Chukanov D. V., Goncharenko A. M., Minosyan A. A., Arshba I. M. Pathomorphological, bacteriological and virological features of pneumonia in captive monkeys. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 28–37. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-28-37>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Victoria A. Kalashnikova, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Infectious Pathology, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", ul. Academica Lapina, 177, Vesyoloye, Adlersky City District, Sochi 354376, Krasnodar Krai, Russia, vikky.aw@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

В ветеринарной практике проблема возникновения и лечения пневмоний актуальна в связи с высоким уровнем заболеваемости среди диких, домашних, сельскохозяйственных животных (кошки, собаки, крупный рогатый скот, свиньи, лошади и др.) и птиц. В основном пневмониями заболевают детеныши и молодые животные, при этом частота и тяжесть заболевания зависит от условий содержания, стресса, численности животных, их иммунного статуса, рациона питания, климата и техники производства, а также коинфекции различными патогенами [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. У домашних животных заболеванию часто подвержены взрослые и пожилые особи [4, 5, 6].

Низшие обезьяны также чувствительны к большинству патогенов человека, поэтому на них легко воспроизвести в сходной форме некоторые инфекционные заболевания людей [12]. В последние десятилетия в связи с резким сокращением популяций обезьян в местах естественного обитания и запретом отлова основным источником лабораторных приматов стали питомники, осуществляющие их разведение. Животные, содержащиеся в неволе, в большинстве случаев подвержены кишечным и респираторным заболеваниям. Одно из ведущих мест в заболеваемости занимает пневмония, часто приводящая к гибели животных [13, 14, 15]. Пневмония развивается как самостоятельный процесс, а также встречается в виде сопутствующего (вторичного) при желудочно-кишечных заболеваниях (острые или хронические гастриты и гастроэнтероколиты) [12, 16]. Кроме того, пневмония часто возникает среди особей, недавно завезенных из мест естественного обитания и проходящих акклиматизацию [17, 18].

Легкие – сложная экосистема с большим числом разнообразных микроорганизмов, взаимодействующих как между собой, так и с организмом хозяина [18, 19]. Существует взаимосвязь между микробиомом легких, ротоглотки и кишечника, которая влияет на развитие кишечных и легочных заболеваний (метаболические, иммунные и другие процессы). Происходит постоянная миграция микроорганизмов между ротоглоткой, верхними и нижними дыхательными путями, в связи с чем микробиом легких непрерывно изменяется. Доминирующая популяция и численность микро-

биома различны в здоровых и патологически измененных органах. На основании этой концепции инфекционные поражения легких рассматриваются как нарушение баланса присутствующих микробов, при этом от межмикробных взаимодействий зависит течение и исход пневмонии [19].

Важным этапом в диагностике пневмонии является выделение из дыхательного тракта и идентификация инфекционных агентов (бактерий, вирусов, грибов), принимающих участие в развитии инфекционного процесса [2, 20]. По литературным данным, менее 10% случаев пневмоний описывают как полимикробные, а в более 50% случаев этиологические агенты пневмоний у обезьян являются неустановленными [19]. Наиболее частыми причинами возникновения пневмоний у обезьян разных видов, содержащихся в неволе, по сведениям из литературных источников, являются *Streptococcus* spp., реже – *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* и другие бактерии (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Morganella morganii*) [21, 22, 23, 24, 25]. Ранее сотрудниками Курчатовского комплекса медицинской приматологии (ККМП) НИЦ «Курчатовский институт» была показана причастность возбудителя парагриппа человека 3-го типа к патологии респираторного тракта павианов анубисов [26].

Актуальность проведенной работы состоит в том, что патологии респираторного тракта в этиологической структуре заболеваний у обезьян занимают доминирующую позицию и являются одной из главных причин гибели животных в неволе.

Новизна полученных данных заключается в обобщении результатов мониторинга гибели от пневмонии обезьян, содержащихся в условиях питомника (ранее подобные исследования в России не проводились). В связи с этим представляет интерес не только выявление бактериальной микрофлоры в легких погибших животных, изучение серологических и молекулярно-генетических маркеров острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ), но также описание особенностей патологически измененных легких.

Цель исследования – изучение видовой и возрастной структуры заболеваемости обезьян пневмонией, анализ спектра легочной микрофлоры, изучение патоморфологических изменений в легочной ткани.

Таблица 1
Характеристика возрастных групп погибших обезьян

Table 1
Characterization of dead monkeys by age groups

Вид обезьян	Возрастные группы						Всего
	до 1 мес.	до 11 мес.	1–3 года	4–10 лет	11–15 лет	16+ лет	
Макак-резус (<i>Macaca mulatta</i>)	52	45	116	176	86	129	604
Макак яванский (<i>Macaca fascicularis</i>)	73	32	78	148	76	94	501
Макак лапундер (<i>Macaca nemestrina</i>)	15	5	2	8	6	17	53
Африканская зеленая мартышка (<i>Chlorocebus aethiops ssp.</i>)	11	7	7	18	14	18	75
Павиан анубис (<i>Papio anubis</i>)	30	13	27	40	21	20	151
Павиан гамадрил (<i>Papio hamadryas</i>)	109	49	47	110	58	71	444
Другие виды	5	2	7	9	3	8	34
Всего	295	153	284	509	264	357	1862

Таблица 2
Характеристика погибших обезьян с диагнозом «пневмония»

Table 2
Characterization of fatal pneumonia cases in monkeys

Вид обезьян	Количество/%		
	всего	самки	самцы
Макак-резус	249/41,2	156/40,7	93/42,1
Макак яванский	221/44,1	129/39,5	92/52,9
Макак лапундер	33/62,3	21/70,0	12/52,2
Африканская зеленая мартышка	32/42,7	22/44,0	10/40,0
Павиан анубис	74/49,0	37/40,2	37/62,7
Павиан гамадрил	236/53,2	109/45,8	127/61,7
Другие виды	20/58,8	8/50,0	12/66,7
Всего	865/46,5	482/42,4	383/52,8

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Животные. В период с января 2019 по декабрь 2024 г. было изучено 1862 случая гибели обезьян разных видов от спонтанных заболеваний. Все животные содержались в питомнике ККМП НИЦ «Курчатовский институт». Погибшие самцы ($n = 726$) и самки ($n = 1136$) обезьян были в возрасте от новорожденности до 38 лет (табл. 1).

Патолого-анатомическое и микроскопическое исследования. Вскрытие тел умерших животных проводили в прозектуре лаборатории патологической анатомии ККМП. Для выявления патологических изменений исследовали внутренние органы и ткани погибших животных. При обнаружении макроскопических признаков воспаления легких образцы ткани отбирались для гистологического анализа. Образцы фиксировали в 10%-м нейтральном (рН 7,4) растворе формалина, далее проводили стандартную гистологическую обра-

ботку материала с последующей заливкой в парафиновую среду Histomix (ООО «БиоВитрум», Россия). Из полученных парафиновых блоков приготавливали гистологические срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали гематоксилином Ганзена (железотригематеиновый способ с квасцовым гематоксилином Ганзена / F. C. Ch. Hansen) и эозином, а также пикрофуксином по Ван Гизону (Van Gieson's stain) [27].

Обзорный морфологический анализ (микроскопическое исследование) выполнен на биологическом микроскопе для лабораторных исследований Axiolab.A1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Для микрофотографирования использовали цифровую камеру Axiocam 105 color (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия).

Бактериологическое исследование проводили по общепринятой методике: делали мазок-отпечаток легкого на предметном стекле, окрашивали по Граму и производили посев на диагностические питательные среды с последующей биохимической идентификацией выросших колоний микроорганизмов, как описано ранее [28].

Вирусологическое исследование. В работе использованы сыворотки крови и образцы легких от 126 обезьян, погибших с диагнозом «пневмония» в 2021–2024 гг., из них: 48 – макаки-резусы, 22 – макаки яванские, 7 – зеленые мартышки, 38 – павианы гамадрилы и 11 – павианы анубисы. Суспензию из легких готовили с помощью гомогенизатора Minilys (Bertin Technologies, Франция) в соотношении 5–6 г материала на 1 мл 0,1M Na-фосфатного буфера с рН 7,4; центрифугировали 30 мин при 3000 об/мин на холодной центрифуге Allegra (Beckman Coulter, США) для удаления осадка. Полученный 10%-й супернатант применяли в дальнейшем исследовании.

Для детекции антител класса IgG, IgM и IgA к вирусу парагриппа типов 1 и 3, респираторно-синцитиальному вирусу (РСВ) и аденовирусу применяли тест-системы производства АО «ЭКОлаб» (Россия). Результаты иммуноферментного анализа (ИФА) учитывали на спектрофотометре лабораторном Immunochem-2100 (High Technology Inc., США) с использованием фильтра с длиной волны 450 нм. Реактивности сывороток в отношении респираторных вирусов оценивали по значениям ОП₄₅₀ (оптическая плотность исследуемых образцов сывороток при длине волны 450 нм в ИФА). Результаты интерпретировали в соответствии с инструкциями производителя.

Выделение нуклеиновых кислот производили из полученного 10%-го легочного супернатанта с использованием набора «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) согласно инструкции производителя. Комплементарные ДНК синтезировали на матрице суммарной РНК с использованием набора реагентов «Реверта-Л» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Полученные кДНК амплифицировали с использованием набора ПЦР-Real Time «Амплиценс® ОРВИ-скрин-FL» для выявления возбудителей острых респираторных вирусных инфекций (РСВ; метапневмовирус; вирус парагриппа 1, 2, 3 и 4-го типов; коронавирус; риновирус; аденовирус групп В, С и Е; бокавирус) согласно инструкции производителя. Проведение амплификации и анализ результатов осуществляли с помощью прибора Rotor-Gene Q (QIAGEN GmbH, Германия).

Статистическая обработка данных. Статистическую обработку и подсчет данных осуществляли при помощи программы GraphPadPrism 8. Для определения изменений частотных показателей в зависимости от года исследования или возраста применяли тренд-тест на основе критерия χ^2 (критерий согласия Пирсона). Все различия интерпретировали как достоверные при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам патолого-анатомических исследований за шестилетний период было выявлено 865 случаев

Таблица 3
Характеристика возрастных групп обезьян, погибших с диагнозом «пневмония»

Table 3
Characterization of monkeys died of pneumonia by age groups

Вид обезьян	Возрастные группы												p, χ^2 for trend*
	до 1 мес.		до 11 мес.		1–3 года		4–10 лет		11–15 лет		16+ лет		
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	
Макак-резус	47	90,4	25	55,6	46	39,7	62	35,2	24	27,9	45	34,9	0,0005 ↑↓
Макак яванский	72	98,6	22	68,8	22	28,2	41	27,7	23	30,3	41	43,6	0,7675
Макак лапундер	14	93,3	1	20,0	1	50,0	6	75,0	4	66,7	7	41,2	0,9643
Африканская зеленая мартышка	9	81,8	1	14,3	1	14,3	5	27,8	6	42,9	10	55,6	0,0258 ↓↑
Павиан анубис	27	90,0	9	69,2	9	33,3	13	32,5	8	38,1	8	40,0	0,1357
Павиан гамадрил	100	91,7	40	81,6	29	61,7	25	22,7	17	29,3	25	35,2	< 0,0001 ↓
Другие виды	5	100,0	2	100	5	71,4	4	44,4	1	33,3	3	37,5	0,9648
Всего	274	92,9	100	65,4	113	39,8	156	30,6	83	31,4	139	38,9	< 0,0001 ↓↑

* $p < 0,05$ (критерий χ^2 – статистические различия выявления диагноза «пневмония» по отношению к видам обезьян).

Стрелками указано направление тренда изменений частоты выявляемости по возрастам при статистической значимости теста.

* $p < 0.05$ (χ^2 test – statistical difference in pneumonia diagnosis rates between monkey species). Arrows indicate the trend in detection frequency by age, providing that the test result was statistically significant.

Таблица 4
Количество погибших от пневмонии обезьян по годам

Table 4
Number of monkeys died of pneumonia by year

Вид	Годы исследований						p, χ^2 for trend*
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Макак-резус	42	32	43	36	44	52	0,0075 ↑↓
Макак яванский	42	44	39	27	32	37	0,4535
Макак лапундер	6	9	3	3	8	4	0,7173
Африканская зеленая мартышка	5	5	2	6	10	4	0,3061
Павиан анубис	20	8	15	7	14	10	0,3494
Павиан гамадрил	43	42	40	45	38	28	0,3828
Другие виды	8	4	3	2	1	2	0,0177 ↓
Всего	166/46,6%	144/45,4%	145/38,2%	126/49,2%	147/51,9%	137/50,8%	0,0910

* $p < 0,05$ (критерий χ^2 – статистические различия выявления диагноза «пневмония» по отношению к видам обезьян). Стрелками указано направление тренда изменений частоты выявляемости с годами при статистической значимости теста.

* $p < 0.05$ (χ^2 test – statistical difference in pneumonia diagnosis rates between monkey species). Arrows indicate the trend in detection frequency by year, providing that the test result was statistically significant.

пневмонии (табл. 2), что составило 46,5% от общего числа погибших животных. Пневмонию у самцов выявляли чаще, чем у самок (52,8 и 42,4% соответственно). Смертность от заболевания у разных видов обезьян приблизительно одинаковая, за исключением павианов гамадрилов и макаков лапундеров. У этих видов обезьян пневмония явилась причиной смерти более 50% животных от общего числа погибших.

Согласно полученным данным, наиболее высокую смертность от пневмоний наблюдали у обезьян в первый месяц жизни (табл. 3).

Общее число погибших от пневмонии обезьян в среднем колеблется в диапазоне от 126 до 166 случаев в год и в про-

центном отношении остается приблизительно на одинаковом уровне в течение шести лет (табл. 4).

За последние шесть лет смертность обезьян первого месяца жизни неуклонно росла, и уже в 2024 г. причиной их гибели в 100% случаев явилась пневмония.

Анализируя сезонность гибели обезьян от пневмоний, отмечено, что более 50% случаев регистрировали в осенне-зимний период в 2020 и 2024 гг., а в летне-весенний – в 2023 г. В течение 2022 г. гибель животных от пневмоний была высока на протяжении всех сезонов.

Патоморфологические особенности пневмонии. У обезьян, живущих в условиях питомника, чаще регистрировали

Таблица 5
Количество выделенных культур микроорганизмов из легких обезьян, погибших от пневмонии (2019–2024 гг.)

Table 5
Number of microorganisms isolated from lungs of the monkeys died of pneumonia (2019–2024)

Микроорганизм	Годы исследований						p, χ^2 for trend	Всего
	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
<i>E. coli</i>	112	100	106	85	87	82	0,2274	572
Представители <i>Proteaeae</i>	51	50	52	42	62	44	0,0002 ↑↓	301
<i>Klebsiella</i> spp.	18	8	5	4	3	3	0,0048 ↓	41
<i>Enterobacter</i> spp.	7	4	4	1	4	6	0,5613	26
<i>Citrobacter</i> spp.	7	4	0	2	2	0	0,0344 ↑↓	15
Другие энтеробактерии	4	5	1	4	4	1	0,9126	19
<i>Ps. aeruginosa</i>	1	2	2	0	1	1	0,9926	7
Другие неферментирующие бактерии	0	0	1	0	2	6	< 0,0001 ↑	9
<i>Bacillus</i> spp.	1	1	6	4	3	7	0,0024 ↓↑	22
Другие грамположительные палочки	27	10	0	0	3	2	< 0,0001 ↓	42
<i>Staphylococcus</i> spp.	123	64	41	40	62	25	< 0,0001 ↓	355
<i>Enterococcus</i> spp.	53	49	40	31	36	29	0,9856	238
Другие грамположительные кокки, в том числе <i>Streptococcus pneumoniae</i>	6	3	0	1	2	0	0,0503	12
<i>Candida</i> spp.	0	0	1	0	0	0	0,9320	1
Всего	410	300	259	214	271	206	< 0,0001 ↓	1660

* $p < 0,05$ (критерий χ^2 – статистические различия выявляемости по отношению к видам микроорганизмов). Стрелками указано направление тренда изменений частоты выявляемости с годами при статистической значимости теста.

* $p < 0.05$ (χ^2 test – statistical difference in detection frequency between microorganism species). Arrows indicate the trend in detection frequency by year, where the test result was statistically significant.

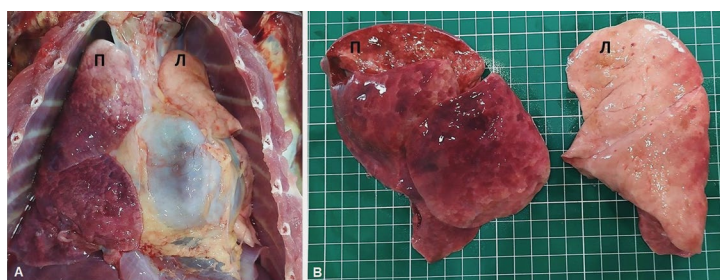


Рис. 1. Макрофотография органокомплекса «сердце – легкие» при полисегментарной бронхопневмонии (макак яванский, ♀, 3 года): А – общий вид; В – поражение всех долей правого легкого; П – правое легкое; Л – левое легкое

Fig. 1. Macrophotography of heart – lung complex in the monkey with poly-segmental bronchopneumonia (*Macaca fascicularis*, ♀, 3 years old): А – general view; В – all lobes of the right lung are affected; П – right lung; Л – left lung



Рис. 2. Макрофотография органокомплекса «сердце – легкие» при фибринозной пневмонии, тотальное поражение всех долей правого и левого легких (мартышка-гусар, ♂, 10 лет): А – общий вид; В – нити фибрина на висцеральной плевре правого легкого

Fig. 2. Macrophotography of heart – lung complex in the monkey with fibrinous pneumonia (*Erythrocebus patas*, ♂, 10 years old), all lobes of the right and left lungs are completely affected: А – general view; В – fibrin threads on the visceral pleura of the right lung

полисегментарную бронхопневмонию и намного реже – дельтовую фибринозную пневмонию, напоминающую крупозную пневмонию у человека. Анатомически наиболее часто патологический процесс характеризовался двусторонним поражением легких, преимущественно правого. При одностороннем поражении пневмонию чаще наблюдали только в правом легком (рис. 1).

Крупозная пневмония у обезьян характеризуется лобарным фибринозным воспалением с поражением плевры. Помимо лобарного поражения, выявляли крупнофокусные очаги пневмонии в центре долей или с выходом под плевру. Пораженная легочная ткань безвоздушная, серо-красного цвета, плотной консистенции. С поверхности разреза пораженного легкого при сдавливании отделялась мутная пенная жидкость. Лимфатические узлы легких имели увеличенные размеры. Зарегистрированы случаи тотального поражения всех долей правого и левого легких (рис. 2), где альвеолы были заполнены преимущественно фибринозно-лейкоцитарным экссудатом с увеличением содержания серозной жидкости.

В альвеолах при крупозной пневмонии выявляли фибрин, дегенерированные лейкоциты и другие продукты клеточного распада. Встречались участки легочной ткани, содержащие в альвеолах исключительно эритроциты. Наблюдали выраженную гиперемию кровеносных сосудов с пристеночным накоплением лейкоцитов и стазы в капиллярах межальвеолярных перегородок (рис. 3).

Во всех случаях крупозной пневмонии отмечены очаги гнойного расплавления ткани, локализующиеся, как правило, вокруг пораженных бронхов. В просвете бронхов содержался гнойный экссудат и кокковая микрофлора.

Бронхопневмонии встречались как самостоятельно, так и в качестве сопутствующего заболевания, осложняющего патологии желудочно-кишечного тракта. При бронхопневмонии в легких обнаруживали множественные мелкофокусные, нередко сливающиеся очаги воспаления серо-красной или синюшно-багровой окраски, локализующиеся по ходу ветвления бронхов. Вокруг участков воспаления легочная ткань отечная, с гиперемией или выраженной эмфиземой, что придает поверхности разреза пестрый вид (рис. 4).

Микроскопическая картина воспаления, так же как при крупозной пневмонии, характеризовалась разнообразием экссудата. Наблюдали очаги ткани, содержащие в альвеолах серозную жидкость с примесью эритроцитов и полиморфный клеточный экссудат. Часто в экссудате преобладали лейкоциты и слизь с большим количеством бактериальной микрофлоры. Во всех случаях воспалительные изменения в легких сочетались с развитием очаговых ателектазов и очаговой эмфиземы (рис. 5).

Таким образом, крупозная пневмония и бронхопневмония у обезьян, содержащихся в питомнике ККМП, характеризовались разнообразием морфологических изменений в легких. По-видимому, это связано с различными свойствами возбудителей заболевания.

У большинства погибших животных отмечали бессимптомное течение пневмонии, диагноз установили лишь на вскрытии. Дифференцировать крупозную пневмонию от бронхопневмонии иногда не представлялось возможным из-за стертости симптомов. В некоторых случаях наблюдали внутрилегочные осложнения – гнойные бронхиты, лимфангоиты, очаги гнойного воспаления, крайне редко – эмпиему плевры. Регистрировали внелегочные осложнения – гнойный менингит, серозно-гнойный перикардит.

Микробный пейзаж легких. Исследование микрофлоры легких обезьян показало, что во всех мазках-отпечатках были обнаружены грамположительные кокки. В результате бактериологического исследования за шесть лет было выделено 1660 микроорганизмов, из которых большую часть составляли представители семейства *Enterobacteriaceae* (58,5%), грамположительная кокковая микрофлора обнаружена

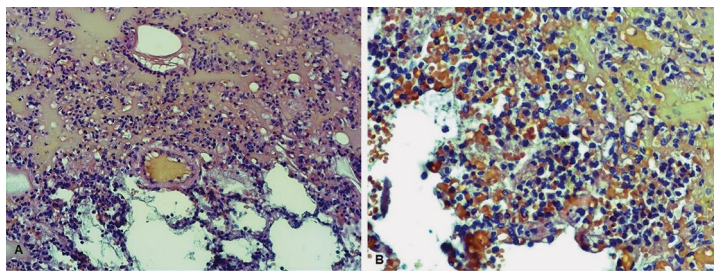


Рис. 3. Микроскопические изменения в легких при лобарной пневмонии (макак-резус, ♂, 5 лет): А – альвеолярный отек, в просвете альвеол нити фибрина, дегенерированные лейкоциты (окраска гематоксилином и эозином, увеличение 200х); В – альвеолярный отек, скопления эритроцитов и лейкоцитов в просвете альвеол (окраска гематоксилином и эозином, увеличение 400х)

Fig. 3. Microscopic lesions in lungs of the monkey with lobar pneumonia (*Macaca mulatta*, ♂, 5 years old): A – alveolar edema, fibrin threads in the alveolar lumen, degenerated leukocytes (hematoxylin and eosin staining, magnification 200x); B – alveolar edema, erythrocyte and leukocyte accumulations in alveolar lumen (hematoxylin and eosin staining, magnification 400x)

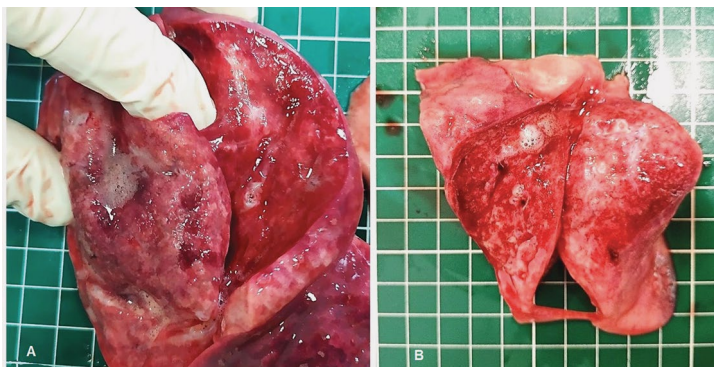


Рис. 4. Макроскопические изменения в легких при бронхопневмонии (папиан анубис, ♂, 5 лет): А, В – альвеолярный отек (выделение пенной жидкости на разрезе), пестрый рисунок ткани легкого

Fig. 4. Macroscopic lesions in lungs of the monkey with bronchopneumonia (*Papio anubis*, ♂, 5 years old): A, B – alveolar edema (foamy fluid on section), mottled pattern in lung tissue

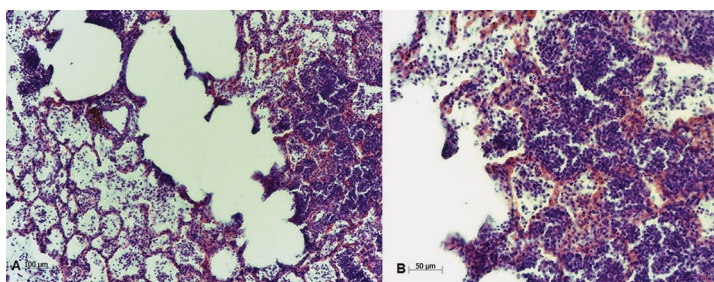


Рис. 5. Микроскопические изменения в легких при бронхопневмонии (папиан анубис, ♂, 5 лет): А – очаговая эмфизема (расширенные альвеолы, истонченные и местами разорванные стенки альвеол), полиморфный клеточный экссудат в просвете альвеол (окраска гематоксилином и эозином, увеличение 100х); В – полиморфный клеточный экссудат в просвете альвеол (окраска гематоксилином и эозином, увеличение 200х)

Fig. 5. Microscopic lesions in lungs of the monkey with bronchopneumonia (*Papio anubis*, ♂, 5 years old): A – focal emphysema (dilated alveoli, thinned and partly disrupted alveolar walls), polymorphous cellular exudate in the alveoli lumen (hematoxylin and eosin staining, magnification 100x); B – polymorphous cellular exudate in the alveoli lumen (hematoxylin and eosin staining, magnification 200x)

Таблица 6
Маркеры вирусных инфекций

Table 6
Indicators of viral infections

Маркеры Вид обезьян	Вирус парагриппа 1-го типа		Вирус парагриппа 3-го типа		PCB		Аденовирус
	IgG	IgA	IgG	IgA	IgG	IgM	IgG
Обезьяны, погибшие в 2021–2022 гг.							
Макак-резус	10/15* 66,7%	0/15 0%	0/15 0%	0/15 0%	н. д.	н. д.	2/15 13,3%
Макак яванский	3/4 75,0%	0/4 0%	0/4 0%	0/4 0%	н. д.	н. д.	0/4 0%
Африканская зеленая мартышка	1/3 33,3%	0/3 0%	0/3 0%	0/3 0%	н. д.	н. д.	0/3 0%
Павиан гамадрил	3/15 20,0%	0/15 0%	0/15 0%	0/15 0%	н. д.	н. д.	0/15 0%
Павиан анубис	0/4 0%	0/4 0%	0/4 0%	0/4 0%	н. д.	н. д.	0/4 0%
Всего	17/41 41,5%	0/41 0%	0/41 0%	0/41 0%	н. д.	н. д.	2/41 4,9%
Обезьяны, погибшие в 2023–2024 гг.							
Макак-резус	0/33 0%	0/33 0%	0/33 0%	0/33 0%	0/33 0%	8/33 24,2%	4/33 12,1%
Макак яванский	1/18 5,6%	0/18 0%	0/18 0%	0/18 0%	0/18 0%	9/18 50,0%	1/18 5,6%
Африканская зеленая мартышка	0/4 0%	0/4 0%	2/4 50,0%	0/4 0%	1/4 25%	2/4 50,0%	1/4 25,0%
Павиан гамадрил	0/23 0%	0/23 0%	3/23 13,0%	0/23 0%	0/23 0%	8/23 34,8%	2/23 8,7%
Павиан анубис	0/7 0%	0/7 0%	0/7 0%	0/7 0%	0/7 0%	3/7 42,9%	1/7 14,3%
Всего	1/85 1,2%	0/85 0%	5/85 5,9%	0/85 0%	1/85 1,2%	30/85 35,3%	9/85 10,6%
ИТОГО	18/126 14,3%	0/126 0%	5/126 4,0%	0/126 0%	1/85 1,2%	30/85 35,3%	11/126 8,7%

* положительный результат (positive serum samples) / количество исследованных сывороток (number of tested serum samples); н. д. – нет данных (no data).

в 36,6% случаев, доля неферментирующих бактерий, в том числе *Pseudomonas aeruginosa*, была равна 1,0%, недифференцированных грамположительных палочек – 3,8% (табл. 5).

Статистический анализ показал значимые изменения в выявляемости некоторых микроорганизмов за годы исследования ($p < 0,0001$), что свидетельствовало о сдвигах в составе микрофлоры легких.

Количество представителей трибы *Proteeae* варьировало без явной тенденции к росту или снижению, что указывает на динамическое изменение роли этих микроорганизмов ($p = 0,0002$). Число выявлений *Klebsiella* spp. с годами сократилось ($p = 0,0048$), что может свидетельствовать об уменьшении значения данного возбудителя в развитии пневмонии. Количество случаев обнаружения *Citrobacter* spp. ($p = 0,0344$) и *Bacillus* spp. ($p = 0,0024$) варьировало в разные годы. Несмотря на высокую частоту выделения *Staphylococcus* spp., отмечается тенденция к заметному снижению ($p < 0,0001$) в последние годы (от 123 до 25). Также наблюдали сокращение случаев выявляемости грамположительных палочек ($p < 0,0001$). Неферментирующие грамотрицатель-

ные палочки из легких выделяли редко, однако в 2024 г. они были обнаружены в 6 случаях ($p < 0,0001$). Общий уровень изолированных микроорганизмов снижался с годами (от 410 в 2019 г. до 206 в 2024 г.), что было подтверждено статистическими данными ($p < 0,0001$).

Если рассматривать микробный пейзаж, то лидирующую позицию занимали *E. coli*, которые обнаружены в легких 66,1% обезьян, на втором месте – *Staphylococcus* spp., в том числе *S. aureus* (41,1%), далее – представители *Proteeae* (*Proteus* spp., *Providencia* spp., *M. morgani*) и *Enterococcus* spp. (34,8 и 27,5% соответственно). В редких случаях была выявлена другая микрофлора. За анализируемый период из основных бактериальных возбудителей пневмоний чаще выделяли *S. aureus* – у 267 обезьян (31,5%), другие обнаружены в единичных случаях, а именно: *K. pneumoniae* – у 19 обезьян (2,2%), *Ps. aeruginosa* – у 7 обезьян (0,8%), *St. pneumoniae* – у 5 обезьян (0,6%). В 7 случаях (0,8%) на питательных средах отсутствовал рост бактерий. Также у 17 обезьян с пневмонией не был взят материал для исследования в связи с трупным разложением. Имели место бактериальные ассоциации,

однако за анализируемый период количество случаев их выявления уменьшилось. Так, в 2019 г. отмечено 89% ассоциаций, а в 2024 – 52%, при этом явно заметно снижение частоты обнаружения 4-компонентных микробных ассоциаций.

Анализируя возможную роль выделенных микроорганизмов в развитии пневмонии у обезьян, необходимо учитывать, что у большинства из них заболевание развивалось на фоне желудочно-кишечной патологии и при сниженном иммунитете. Об этом свидетельствует обнаружение представителей кишечной группы бактерий в легких, а также затяжной характер течения пневмонии с нечеткими клиническими симптомами. Исключение составляют *S. aureus*, так как ранее проведенные молекулярно-генетические исследования показали высокий патогенный потенциал этого возбудителя и тропность некоторых штаммов к легочной ткани [29, 30].

При обследовании на наличие маркеров ОРВИ 126 обезьян, погибших в 2021–2024 гг. с диагнозом «пневмония», антитела класса G, свидетельствующие о постинфекционном иммунитете, были обнаружены к вирусу парагриппа 1-го и 3-го типа (14,3 и 4,0% соответственно), РСВ (1,2%), а также аденовирусу (8,7%). Антитела, указывающие на период острой инфекции (IgA, IgM), были обнаружены только к РСВ (35,3%). С помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) в паренхиме легких ПНК/ДНК возбудителей ОРВИ обнаружено не было (табл. 6).

У погибших в 2021–2022 гг. обезьян ($n = 41$) антитела класса G были выявлены только к вирусу парагриппа 1-го типа (41,5%) и аденовирусу (4,9%), а к вирусу парагриппа 3-го типа обнаружены не были. Серологические маркеры, свидетельствующие об острой инфекции, также установлено не было.

У животных, погибших в 2023–2024 гг. с диагнозом «пневмония» ($n = 85$), в сыворотках крови были выявлены IgM к РСВ (35,3%), а наличие IgA к вирусу парагриппа 1-го и 3-го типа не установлено. Кроме того, антитела класса G, свидетельствующие о постинфекционном иммунитете, были обнаружены к вирусу парагриппа 1-го и 3-го типа (1,2 и 5,9% соответственно), РСВ (1,2%), а также аденовирусу (10,6%).

ВЫВОДЫ

1. Пневмония является наиболее распространенной причиной гибели обезьян в питомнике ККМП (46,5%) и часто возникает на фоне желудочно-кишечных заболеваний у ослабленных животных, что согласуется с ранее опубликованными данными.

2. Наиболее высокая смертность от пневмоний наблюдалась у детенышей в возрасте до месяца (92,9%) и первого года жизни (65,4%). Следовательно, наиболее уязвимыми к развитию пневмонии являлись содержащиеся в неволе обезьяны от рождения до 1 года.

3. Наиболее часто возникала двусторонняя полисегментарная бронхопневмония, реже – долевая фибринозная пневмония, напоминающая крупозную пневмонию у человека, с преимущественным поражением правого легкого.

4. Спектр выделенной бактериальной микрофлоры из пораженных пневмонией легких в основном составляли представители энтеробактерий (58,5%) и грамположительной кокковой микрофлоры (36,6%), при этом *S. aureus* был выделен в 41,1% случаев. При микроскопическом исследовании в тканях легкого также была обнаружена кокковая микрофлора.

5. Установлена циркуляция аденовируса, вируса парагриппа человека 1-го и 3-го типа, а также РСВ среди обезьян, погибших от пневмонии. Высокий процент IgM к РСВ свидетельствовал о возможной причастности этого вируса к патологии респираторного тракта у обезьян.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костылева О. А. Стафилококкозы собак и кошек (клиника, лечение). *Вестник Алтайского государственного университета*. 2005; (2): 49–52. <https://elibrary.ru/ircoun>

2. Козлова С. В., Краснолобова Е. П., Веремеева С. А. К вопросу о грибково-бактериальных ассоциациях органов респираторной системы птиц. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022; (8): 145–150. <https://elibrary.ru/nizvrw>

3. Кудряшов А. А., Балабанова В. И., Пудовкин Д. Н., Беляева Е. В. Патологоанатомическая диагностика инфекционных респираторных болезней крупного рогатого скота в агрохозяйствах. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2017; (1): 59–65. <https://elibrary.ru/ygroux>

4. Шульга Н. Н., Шульга И. С., Дикунина С. С., Плавшак Л. П. Распространение респираторных болезней телят в Амурской области. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2016; (3): 90–93. <https://elibrary.ru/wxotyh>

5. Полищук С. В., Белявцева Е. А. Диагностика энзоотической пневмонии свиней в ООО «Велес-Крым». *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2015; (1): 164–171. <https://elibrary.ru/wfdujf>

6. Наумов М. М., Кононова Т. А. Инфекционные пневмонии кошек, анализ заболеваемости на базе Курского ветеринарного центра «Бетховен». *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022; (4): 82–85. <https://elibrary.ru/bddknd>

7. Stephenson T., Lee K., Griffith J. E., McLelland D. J., Wilkes A., Bird P. S., et al. Pulmonary actinomycosis in South Australian koalas (*Phascolarctos cinereus*). *Veterinary Pathology*. 2021; 58 (2): 416–422. <https://doi.org/10.1177/0300985820973459>

8. Black S. R., Barker I. K., Mehren K. G., Crawshaw G. J., Rosendal S., Ruhnke L., et al. An epizootic of *Mycoplasma ovipneumoniae* infection in captive Dall's sheep (*Ovis dalli dalli*). *Journal of Wildlife Diseases*. 1988; 24 (4): 627–635. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-24.4.627>

9. Zhao W., Tian Q., Luo Y., Wang Y., Yang Z.-X., Yao X.-P., et al. Isolation, identification, and genome analysis of lung pathogenic *Klebsiella pneumoniae* (LPKP) in forest musk deer. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2017; 48 (4): 1039–1048. <https://doi.org/10.1638/2016-0241.1>

10. McClure S., Sibert G., Hallberg J., Bade D. Efficacy of a 2-dose regimen of a sustained release ceftiofur suspension in horses with *Streptococcus equi* subsp. *zooepidemicus* bronchopneumonia. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2011; 34 (5): 442–447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2011.01267.x>

11. Schmidt V., Marschang R. E., Abbas M. D., Ball I., Szabo I., Helmuth R., et al. Detection of pathogens in *Boidae* and *Pythonidae* with and without respiratory disease. *Veterinary Record*. 2013; 172 (9):236. <https://doi.org/10.1136/vr.100972>

12. Крылова П. И. Сравнительная характеристика нозологического профиля людей и обезьян разных видов. Лабораторные приматы для решения актуальных проблем медицины и биологии: материалы симпозиума. М.: Издательство РАМН; 2004; 18–21.

13. Dick E. J. Jr., Owston M. A., David J. M., Sharp R. M., Rouse S., Hubbard G. B. Mortality in captive baboons (*Papio* spp.): a 23-year study. *Journal of Medical Primatology*. 2014; 43 (3): 169–196. <https://doi.org/10.1111/jmp.12101>

14. Bommineni Y. R., Dick E. J. Jr., Malapati A. R., Owston M. A., Hubbard G. B. Natural pathology of the baboon (*Papio* spp.). *Journal of Medical Primatology*. 2011; 40 (2): 142–155. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.2010.00463.x>

15. Laurence H., Kumar S., Owston M. A., Lanford R. E., Hubbard G. B., Dick E. J. Jr. Natural mortality and cause of death analysis of the captive chimpanzee (*Pan troglodytes*): A 35-year review. *Journal of Medical Primatology*. 2017; 46 (3): 106–115. <https://doi.org/10.1111/jmp.12267>

16. Лапин Б. А., Джикидзе Э. К., Крылова П. И., Стасилевич З. К., Яковлева Л. А. Проблемы инфекционной патологии обезьян. М.: Издательство РАМН; 2004. 136 с.

17. Лапин Б. А., Джикидзе Э. К., Фридман Э. П. Руководство по медицинской приматологии. М.: Медицина; 1987. 188 с.

18. Li R., Li J., Zhou X. Lung microbiome: new insights into the pathogenesis of respiratory diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2024; 9:19. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01722-y>

19. Вечерковская М. Ф., Тец Г. В., Кардава К. М., Артеменко Н. К., Заславская Н. В., Михайлова Д. В. и др. Типичные и нетипичные бактериальные возбудители заболеваний дыхательной системы. *Практическая пульмонология*. 2021; (1): 87–94. <https://elibrary.ru/fqlwez>

20. Догадов Д. И., Кюрегян К. К., Миносян А. А., Гончаренко А. М., Шмат Е. В., Михайлов М. И. Острые респираторные вирусные инфекции у обезьян. *Вопросы вирусологии*. 2025; 70 (1): 7–24. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-293>

21. Saputro S., Saepuloh U., Darusman H. S., Putriyani W., Permanawati, Ayuningsih E. D., et al. *Klebsiella pneumoniae* infection in cynomolgus monkeys at primate research center facility in Indonesia. *Journal of Medical Primatology*. 2023; 52 (6): 361–368. <https://doi.org/10.1111/jmp.12665>

22. Ihms E. A., Daniels J. B., Koivisto C. S., Barrie M. T., Russell D. S. Fatal *Streptococcus anginosus*-associated pneumonia in a captive Sumatran

orangutan (*Pongo abelii*). *Journal of Medical Primatology*. 2014; 43 (1): 48–51. <https://doi.org/10.1111/jmp.12085>

23. Szentiks C. A., Köndgen S., Silinski S., Speck S., Leendertz F. H. Lethal pneumonia in a captive juvenile chimpanzee (*Pan troglodytes*) due to human-transmitted human respiratory syncytial virus (HRSV) and infection with *Streptococcus pneumoniae*. *Journal of Medical Primatology*. 2009; 38 (4): 236–240. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.2009.00346.x>

24. Silva V. D., Shridhar P. B., Gonzalez O. D., Dick E. J. Jr., Shivanna V. *Pseudomonas* infections in the common marmoset (*Callithrix jacchus*): gross and histopathological findings. *Journal of Medical Primatology*. 2025; 54 (2):e70016. <https://doi.org/10.1111/jmp.70016>

25. Davis K. L., Gonzalez O., Kumar S., Dick E. J. Jr. Pathology associated with *Streptococcus* spp. infection in baboons (*Papio* spp.). *Veterinary Pathology*. 2020; 57 (5): 714–722. <https://doi.org/10.1177/0300985820941496>

26. Корзая Л. И., Догадов Д. И., Гончаренко А. М., Карлсен А. А., Кюрегян К. К., Михайлов М. И. Распространение маркёров респираторных вирусов человека среди обезьян Адлерского приматологического центра. *Вопросы вирусологии*. 2021; 66 (6): 425–433. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-77>

27. Меркулов Г. А. Курс патологистологической техники. 5-е изд., испр. и доп. Л.: Медицина; 1969. 423 с.

28. Калашникова В. А., Султанова О. А. Место *Staphylococcus aureus* в этиологической структуре возбудителей пневмоний у обезьян, содержащихся в Адлерском питомнике. *Астраханский медицинский журнал*. 2017; 12 (2): 36–43. <https://elibrary.ru/zeulez>

29. Калашникова В. А. Молекулярное типирование метициллин-чувствительных *Staphylococcus aureus* (MSSA), изолированных от обезьян, на основе полиморфизма коагулазного гена. *Ветеринария сегодня*. 2019; (3): 57–62. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-3-30-57-62>

30. Калашникова В. А. Вирулентные характеристики *Staphylococcus aureus*, выделенных при пневмониях у обезьян, живущих в условиях неволи. *Лабораторные животные для научных исследований*. 2020; (3): 25–33. <https://doi.org/10.29296/2618723X-2020-03-04>

REFERENCES

1. Kostyleva O. A. Staphylococcosis in dogs and cats (clinical aspects, treatment). *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2005; (2): 49–52. <https://elibrary.ru/ircoun> (in Russ.)

2. Kozlova S. V., Krasnolobova E. P., Veremeeva S. A. On the question of fungal-bacterial associations of the respiratory system organs of birds. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2022; (8): 145–150. <https://elibrary.ru/nizvrx> (in Russ.)

3. Kudriashov A. A., Balabanova V. I., Pudovkin D. N., Belyaeva E. V. Pathologic diagnosis of infectious respiratory diseases of cattle on farms. *Actual questions of Veterinary Biology*. 2017; (1): 59–65. <https://elibrary.ru/ygroux> (in Russ.)

4. Shulga N. N., Shulga I. S., Dikunina S. S., Plavshak L. P. The spread of calves' respiratory diseases in the Amur region. *Far Eastern Agricultural Journal*. 2016; (3): 90–93. <https://elibrary.ru/wxotyh> (in Russ.)

5. Polishchuk S. V., Belyavtseva E. A. Diagnosis enzootic pneumonia pigs at farm "Veles-Crimea". *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2015; (1): 164–171. <https://elibrary.ru/wfdujf> (in Russ.)

6. Naumov M. M., Kononova T. A. Infectious pneumonia in cats, analysis of incidence on the basis of the Kursk veterinary center "Beethoven". *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2022; (4): 82–85. <https://elibrary.ru/bddknd> (in Russ.)

7. Stephenson T., Lee K., Griffith J. E., McLelland D. J., Wilkes A., Bird P. S., et al. Pulmonary actinomycosis in South Australian koalas (*Phascolarctos cinereus*). *Veterinary Pathology*. 2021; 58 (2): 416–422. <https://doi.org/10.1177/0300985820973459>

8. Black S. R., Barker I. K., Mehren K. G., Crawshaw G. J., Rosendal S., Ruhnke L., et al. An enzootic of *Mycoplasma ovipneumoniae* infection in captive Dall's sheep (*Ovis dalli dalli*). *Journal of Wildlife Diseases*. 1988; 24 (4): 627–635. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-24.4.627>

9. Zhao W., Tian Q., Luo Y., Wang Y., Yang Z.-X., Yao X.-P., et al. Isolation, identification, and genome analysis of lung pathogenic *Klebsiella pneumoniae* (LPKP) in forest musk deer. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2017; 48 (4): 1039–1048. <https://doi.org/10.1638/2016-0241.1>

10. McClure S., Sibert G., Hallberg J., Bade D. Efficacy of a 2-dose regimen of a sustained release ceftiofur suspension in horses with *Streptococcus equi* subsp. *zoepidemicus* bronchopneumonia. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2011; 34 (5): 442–447. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2011.01267.x>

11. Schmidt V., Marschang R. E., Abbas M. D., Ball I., Szabo I., Helmuth R., et al. Detection of pathogens in *Boidae* and *Pythonidae* with and without respiratory disease. *Veterinary Record*. 2013; 172 (9): 236. <https://doi.org/10.1136/vr.100972>

12. Krylova R. I. Sravnitel'naya kharakteristika nozologicheskogo profilya lyudei i obez'yan raznykh vidov = Comparative characterization of nosological profiles: humans vs monkeys of different species. *Laboratornye primaty dlya resheniya aktual'nykh problem meditsiny i biologii: materialy simpoziuma = Laboratory Primates: Key Models for Modern Medical and Biological Research: Symposium Proceedings*. Moscow: RAMS Publishing House; 2004; 18–21 (in Russ.)

13. Dick E. J. Jr., Owston M. A., David J. M., Sharp R. M., Rouse S., Hubbard G. B. Mortality in captive baboons (*Papio* spp.): a 23-year study. *Journal of Medical Primatology*. 2014; 43 (3): 169–196. <https://doi.org/10.1111/jmp.12101>

14. Bommineni Y. R., Dick E. J. Jr., Malapati A. R., Owston M. A., Hubbard G. B. Natural pathology of the baboon (*Papio* spp.). *Journal of Medical Primatology*. 2011; 40 (2): 142–155. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.2010.00463.x>

15. Laurence H., Kumar S., Owston M. A., Lanford R. E., Hubbard G. B., Dick E. J. R. Natural mortality and cause of death analysis of the captive chimpanzee (*Pan troglodytes*): A 35-year review. *Journal of Medical Primatology*. 2017; 46 (3): 106–115. <https://doi.org/10.1111/jmp.12267>

16. Lapin B. A., Dzhikidze E. K., Krylova R. I., Stasilevich Z. K., Yakovleva L. A. Problems of infectious pathology of monkeys. Moscow: RAMS Publishing House; 2004. 136 p. (in Russ.)

17. Lapin B. A., Dzhikidze E. K., Fridman E. P. Medical primatology guide. Moscow: Meditsina; 1987. 188 p. (in Russ.)

18. Li R., Li J., Zhou X. Lung microbiome: new insights into the pathogenesis of respiratory diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2024; 9:19. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01722-y>

19. Vecherkovskaya M. F., Tets G. V., Kardava K. M., Artemenko N. K., Zaslavskaya N. V., Mikhailova D. V., et al. Typical and atypical bacterial pathogens of the respiratory system. *Practical Pulmonology*. 2021; (1): 87–94. <https://elibrary.ru/fqlwz> (in Russ.)

20. Dogadov D. I., Kyuregyan K. K., Minosyan A. A., Goncharenko A. M., Shmat E. V., Mikhailov M. I. Acute respiratory viral infections in monkeys. *Problems of Virology*. 2025; 70 (1): 7–24. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-293> (in Russ.)

21. Saputro S., Saepuloh U., Darusman H. S., Putriyani W., Permanawati, Ayuningsih E. D., et al. *Klebsiella pneumoniae* infection in cynomolgus monkeys at primate research center facility in Indonesia. *Journal of Medical Primatology*. 2023; 52 (6): 361–368. <https://doi.org/10.1111/jmp.12665>

22. Ihms E. A., Daniels J. B., Koivisto C. S., Barrie M. T., Russell D. S. Fatal *Streptococcus anginosus*-associated pneumonia in a captive Sumatran orangutan (*Pongo abelii*). *Journal of Medical Primatology*. 2014; 43 (1): 48–51. <https://doi.org/10.1111/jmp.12085>

23. Szentiks C. A., Köndgen S., Silinski S., Speck S., Leendertz F. H. Lethal pneumonia in a captive juvenile chimpanzee (*Pan troglodytes*) due to human-transmitted human respiratory syncytial virus (HRSV) and infection with *Streptococcus pneumoniae*. *Journal of Medical Primatology*. 2009; 38 (4): 236–240. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0684.2009.00346.x>

24. Silva V. D., Shridhar P. B., Gonzalez O. D., Dick E. J. Jr., Shivanna V. *Pseudomonas* infections in the common marmoset (*Callithrix jacchus*): gross and histopathological findings. *Journal of Medical Primatology*. 2025; 54 (2):e70016. <https://doi.org/10.1111/jmp.70016>

25. Davis K. L., Gonzalez O., Kumar S., Dick E. J. Jr. Pathology associated with *Streptococcus* spp. infection in baboons (*Papio* spp.). *Veterinary Pathology*. 2020; 57 (5): 714–722. <https://doi.org/10.1177/0300985820941496>

26. Korzaya L. I., Dogadov D. I., Goncharenko A. M., Karlson A. A., Kyuregyan K. K., Mikhailov M. I. Prevalence of laboratory markers of human respiratory viruses in monkeys of Adler primate center. *Problems of Virology*. 2021; 66 (6): 425–433. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-77> (in Russ.)

27. Merkulov G. A. Course of Pathological Techniques. 5th ed. revised and expanded. Leningrad: Meditsina; 1969. 423 p. (in Russ.)

28. Kalashnikova V. A., Sultanova O. A. Place of *Staphylococcus aureus* in etiologic structure of pneumonia pathogens in monkeys kept in Adler monkey farm. *Astrakhan Medical Journal*. 2017; 12 (2): 36–43. <https://elibrary.ru/zeulez> (in Russ.)

29. Kalashnikova V. A. Molecular typing of methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA), isolated from monkeys, based on coagulase gene polymorphism. *Veterinary Science Today*. 2019; (3): 57–62. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-3-30-57-62>

30. Kalashnikova V. A. Virulent characteristics of *Staphylococcus aureus*, isolated from pneumonia in captive monkeys. *Laboratory Animals for Science*. 2020; (3): 25–33. <https://doi.org/10.29296/2618723X-2020-03-04> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 13.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.09.2025

Принята к публикации / Accepted 09.12.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Калашникова Виктория Алексеевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекционной патологии ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-1574-8674>, vikky.aw@gmail.com

Victoria A. Kalashnikova, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Infectious Pathology, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1574-8674>, vikky.aw@gmail.com

Радомская Елена Юрьевна, врач-патологоанатом лаборатории патологической анатомии ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8590-2198>, zoomlenazoom@gmail.com

Elena Yu. Radomskaya, Pathologist, Laboratory of Pathological Anatomy, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8590-2198>, zoomlenazoom@gmail.com

Булгин Дмитрий Викторович, канд. мед. наук, начальник лаборатории патологической анатомии ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1739-8505>, bulging@primatologia.ru

Dmitry V. Bulgin, Cand. Sci. (Medicine), Head of Laboratory of Pathological Anatomy, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1739-8505>, bulging@primatologia.ru

Полякова Вероника Игоревна, младший научный сотрудник лаборатории инфекционной патологии ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-5799-4697>, veronica-9509@mail.ru

Veronika I. Polyakova, Junior Researcher, Laboratory of Infectious Pathology, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-5799-4697>, veronica-9509@mail.ru

Догадов Дмитрий Игоревич, канд. биол. наук, начальник лаборатории инфекционных вирусов ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1596-0509>, dima_loko86@mail.ru

Dmitry I. Dogadov, Cand. Sci. (Biology), Head of Laboratory of Infectious Viruses, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1596-0509>, dima_loko86@mail.ru

Демерчян Алвард Варткесовна, научный сотрудник лаборатории инфекционной патологии, ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0009-0007-6473-3237>, demerchyan71@mail.ru

Alvard V. Demerchyan, Researcher, Laboratory of Infectious Pathology, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0009-0007-6473-3237>, demerchyan71@mail.ru

Щербак Наталья Валерьевна, лаборант лаборатории патологической анатомии, ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-9891-5408>, natalaserbak59@gmail.com

Natalia V. Shcherbak, Laboratory Assistant, Laboratory of Pathological Anatomy, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-9891-5408>, natalaserbak59@gmail.com

Чуканов Дмитрий Викторович, врач-патологоанатом лаборатории патологической анатомии, ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0009-0003-7780-3725>, Tchukanow.D@yandex.ru

Dmitry V. Chukanov, Pathologist, Laboratory of Pathological Anatomy, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0009-0003-7780-3725>, Tchukanow.D@yandex.ru

Гончаренко Александра Михайловна, научный сотрудник лаборатории инфекционных вирусов, ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6979-9784>, morgan_123@rambler.ru

Alexandra M. Goncharenko, Researcher, Laboratory of Infectious Viruses, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6979-9784>, morgan_123@rambler.ru

Миносян Альберт Артурович, лаборант-исследователь лаборатории инфекционных вирусов, ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0009-0007-6459-1451>, malbert97@bk.ru

Albert A. Minosyan, Research Assistant, Laboratory of Infectious Viruses, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0009-0007-6459-1451>, malbert97@bk.ru

Аршба Илона Мурмановна, канд. биол. наук, начальник лаборатории инфекционной патологии ККМП НИЦ «Курчатовский институт», г. Сочи, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3098-8104>, aim26@mail.ru

Iлона M. Arshba, Cand. Sci. (Biology), Head of Laboratory of Infectious Pathology, Kurchatov Complex of Medical Primatology, National Research Centre "Kurchatov Institute", Sochi, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3098-8104>, aim26@mail.ru

Вклад авторов: Калашникова В. А. – проведение бактериологического исследования, обработка результатов исследования, составление таблиц и диаграмм, подготовка текста, подбор и анализ литературных источников по теме; Радомская Е. Ю. – забор материала, пробоподготовка; Булгин Д. В. – подготовка текста, описание патоморфологических и микроскопических данных, фотографирование гистологических срезов; Полякова В. И. – забор материала, проведение бактериологического исследования, статистическая обработка данных; Догадов Д. И. – обработка результатов вирусологического исследования, подготовка текста, подбор и анализ литературных источников по теме; Демерчян А. В. – забор материала, проведение бактериологического исследования; Щербак Н. В. – изготовление гистологических микропрепаратов; Чуканов Д. В. – проведение патолого-анатомических вскрытий; Гончаренко А. М. – проведение иммуноферментного анализа; Миносян А. А. – постановка полимеразной цепной реакции; Аршба И. М. – проведение бактериологического исследования.

Contribution of the authors: Kalashnikova V. A. – bacteriological tests, study result processing, creation of tables and diagrams, paper text preparation, literature searching and analysis; Radomskaya E. Yu. – sampling, sample preparation; Bulgin D. V. – paper text preparation, description of postmortem and microscopic findings, histological section photographing; Polyakova V. I. – sampling, bacteriological tests, statistical processing of data; Dogadov D. I. – processing of virological test results, paper text preparation, literature searching and analysis; Demerchyan A. V. – sampling, bacteriological tests; Shcherbak N. V. – histological microslide preparation; Chukanov D. V. – necropsies; Goncharenko A. M. – ELISA-tests; Minosyan A. A. – PCR-tests; Arshba I. M. – bacteriological tests.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>
УДК 619:579.869.1:637:615.331.015.8



Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г.

О. А. Акулич, Н. Б. Шадрова, Г. С. Денисова

ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. *Listeria monocytogenes* – патогенный микроорганизм, вызывающий большое количество летальных исходов вследствие потребления контаминированной продукции животного происхождения. Этим обусловлена актуальность мониторинга распространения возбудителя листериоза в сырье, продукции животного происхождения и объектах окружающей среды, а также антибиотикорезистентности изолятов.

Цель исследования. Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г.

Материалы и методы. Работа была выполнена на базе отдела микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ». Изоляты бактерий рода *Listeria* идентифицировали с использованием метода времяпролетной масс-спектрометрии. Определение антибиотикорезистентности изолятов, относящихся к виду *Listeria monocytogenes*, проводили диско-диффузионным методом. Значения зон задержки роста интерпретировали согласно российским рекомендациям «Определение чувствительности микроорганизмов к antimикробным препаратам» (МАКМАХ, версия 2025-01). Серологические группы листерий были идентифицированы с использованием метода полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с применением праймеров производства НПК «Синтол» (Россия).

Результаты. В статье представлены результаты исследований антибиотикорезистентности 77 изолятов *Listeria monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг., а также их дифференциации по серогруппам. Чаще всего *Listeria monocytogenes* определяли в продукции из мяса птицы. Выявленные изоляты имели максимальную резистентность к цефуроксиму, сульфаметоксазолу/триметоприму, норфлоксацину, рифампицину, левофлоксацину и канамицину. При этом большинство изолятов проявило устойчивость более чем к одному antimикробному препарату. В рамках исследования установлена принадлежность изолятов *Listeria monocytogenes* к следующим серогруппам: IIa (серотипы 1/2a, 3a) – 92,2%; IIc (серотипы 1/2c, 3c) – 5,2%; IVb (серотипы 4b, 4d, 4e) – 2,6%.

Заключение. Показано распространение устойчивости, в том числе множественной, среди изолятов *Listeria monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг. В результате проведенного исследования было определено присутствие листерий, относящихся к группе IVb (серотипы 4b, 4d, 4e). Однако доминирующая часть изолятов рода *Listeria monocytogenes* была классифицирована как группа IIa (серотипы 1/2a, 3a).

Ключевые слова: *Listeria monocytogenes*, антибиотикорезистентность, серотип, чувствительность к antimикробным препаратам, полимеразная цепная реакция в режиме реального времени

Благодарности: Работа выполнена за счет средств ФГБУ «ВНИИЗЖ» в рамках тематики научно-исследовательских работ «Ветеринарное благополучие».

Для цитирования: Акулич О. А., Шадрова Н. Б., Денисова Г. С. Идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 38–45. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Акулич Ольга Андреевна, аспирант ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия, akulich.olgand@yandex.ru

Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024

Olga A. Akulich, Natalya B. Shadrova, Galina S. Denisova

Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. *Listeria monocytogenes* is a pathogenic microorganism that causes a large number of deaths due to the consumption of contaminated animal products. This underpins the relevance of monitoring the spread of the listeriosis agent in raw materials, animal products, and environmental objects, as well as the antibiotic resistance of isolates.

Objective. Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024.

Materials and methods. The work was performed at the Microbiology Unit of the Vladimir Testing Laboratory, the Federal Centre for Animal Health. *Listeria* genus bacteria isolates were identified using time-of-flight mass spectrometry. Antibiotic resistance of isolates belonging to the species *Listeria monocytogenes* was determined by the disk diffusion method. The values of the growth retardation zones were interpreted according to the Russian recommendations "Determination of the sensitivity

© Акулич О. А., Шадрова Н. Б., Денисова Г. С., 2026

of microorganisms to antimicrobial drugs" (IACMAC, version 2025-01). *Listeria* serological groups were identified using real-time polymerase chain reaction (qPCR) with primers manufactured by Syntol (Russia).

Results. The article presents the results of antibiotic resistance testing of 77 *Listeria monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024, as well as their differentiation by serogroups. *Listeria monocytogenes* was most frequently detected in poultry products. The detected isolates showed maximum resistance to cefuroxime, sulfamethoxazole/trimethoprim, norfloxacin, rifampicin, levofloxacin, and kanamycin. Moreover, most isolates exhibited resistance to more than one antimicrobial medicinal product. The study established the belonging of the *Listeria monocytogenes* isolates to the following serogroups: IIa (serotypes 1/2a, 3a) – 92.2%; IIc (serotypes 1/2c, 3c) – 5.2%; IVb (serotypes 4b, 4d, 4e) – 2.6%.

Conclusion. The spread of resistance, including multidrug resistance, among *Listeria monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024 was demonstrated. The study identified the presence of *Listeria* belonging to group IVb (serotypes 4b, 4d, 4e). However, the dominant part of *Listeria monocytogenes* isolates was classified as group IIa (serotypes 1/2a, 3a).

Keywords: *Listeria monocytogenes*, antibiotic resistance, serotype, antimicrobial susceptibility, real-time polymerase chain reaction

Acknowledgements: The study was funded by the Federal Centre for Animal Health within the research topic "Veterinary Welfare".

For citation: Akulich O. A., Shadrova N. B., Denisova G. S. Serotype identification and antibiotic resistance analysis of *Listeria monocytogenes* isolates recovered from animal products in 2021–2024. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 38–45. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-38-45>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Olga A. Akulich, Postgraduate Student, Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, akulich.olgand@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Listeria monocytogenes – это грамположительная подвижная факультативно анаэробная палочка, не образующая спор и капсул и вызывающая листериоз – смертельно опасное заболевание, проявляющееся в числе прочего поражением центральной нервной системы и менингоэнцефалитом. В группе высокого риска находятся дети, в первую очередь новорожденные, беременные женщины (вероятность гибели плода) и пожилые люди. У здоровых людей *L. monocytogenes* вызывает легкие симптомы. Для людей с иммунодефицитом и хроническими заболеваниями листериоз представляет серьезную угрозу, поскольку может привести к сепсису и другим осложнениям [1, 2, 3, 4].

Данный микроорганизм широко распространен в наземных и водных экосистемах, передаваясь животным и человеку как напрямую, так и косвенно через употребление контаминированных продуктов питания или воды. В основном заражение *L. monocytogenes* осуществляется алиментарным путем, при этом листериоз, по данным Всемирной организации здравоохранения, является одним из наиболее тяжелых заболеваний пищевого происхождения, имея самые высокие показатели летальности среди пищевых инфекций (свыше 20%) [5, 6, 7].

Бактерии *L. monocytogenes* могут адаптироваться к различным условиям: выживать при температуре ниже 7 °C, при низких значениях pH и высоких концентрациях солей. Кроме того, листерии способны образовывать биопленки, что позволяет им не только сохраняться в условиях производства пищевой продукции, но и накапливаться, даже если изначально их концентрация была невелика. В число продуктов животного происхождения высокого риска контаминации *L. monocytogenes* входят мясные полуфабрикаты и готовые к употреблению мясные продукты, в том числе в вакууме, молочная продукция, включая мягкие сыры, и рыбная продукция холодного копчения. Особый риск представляют охлажденные готовые к употреблению продукты [8, 9, 10].

Заболевание регистрируют более чем в 65 странах мира на всех континентах. Количество зафиксированных случаев в год составляет 0,1–10,0 на 1 млн человек, в зависимости от страны [9, 11].

В странах Европейского союза и Европейской экономической зоны (ЕС/ЕЭЗ) в 2023 г. сообщалось о 2993 подтвержденных случаях (0,67 случая на 100 000 населения), что является самым высоким годовым показателем с 2007 г. Пик заболеваемости приходится на летние месяцы, при этом количество случаев ежегодно растет, показывая

статистически значимый рост и тенденцию к увеличению [12, 13].

Анализ эпидемиологии листериоза демонстрирует, что большинство спорадических случаев и все крупные эпидемические вспышки ассоциируются с изолятами возбудителя, принадлежащими к первым двум филогенетическим линиям, обозначенным как I и II. Всего в рамках вида *L. monocytogenes* выделяют четыре филогенетические линии, различающиеся по генетическим и фенотипическим характеристикам.

Традиционно различают пять серогрупп: I (серотипы 1/2a и 3a; при этом 3a редко вызывает клинические проявления); II (серотипы 1/2b, 3b и 7); III (серотипы 1/2c, 3c; при этом 3c – крайне редкая форма); IV (серотипы 4b, 4d и 4e; при этом роль 4e в развитии заболеваний незначительна); V (серотипы 4ab, 4a, 4c, которые практически не вызывают клинических признаков).

Серотипы листерий, классифицируемые на основании вариаций соматических (O) и жгутиковых (H) антигенов, демонстрируют существенные различия в своем эпидемическом потенциале и патогенности. Эти различия обусловлены неоднородностью антигенного строения, что позволяет серотипам адаптироваться к различным условиям окружающей среды и взаимодействовать с иммунной системой хозяина [3, 5, 6, 14, 15].

На основе молекулярного типирования *L. monocytogenes* подразделяют на следующие серогруппы: IIa (серотипы 1/2a и 3a), IIb (серотипы 1/2b, 3b), IIc (серотипы 1/2c, 3c и 7) и IVb (серотипы 4b, 4d и 4e) [12, 16].

Листериоз у людей чаще всего вызывает серотипы 1/2a, 1/2b и 4b, которые составляют более 90% выявляемых изолятов. При этом серотип 4b ассоциируется с большинством крупных вспышек листериоза, что позволяет сделать вывод о его высокой опасности. Вместе с тем подавляющая часть изолятов, принадлежащая к серотипам 1/2, широко распространена в пищевой продукции и экологических нишах обитания листерий. В частности, серотип 1/2a наиболее часто выявляют в продуктах питания [6, 17, 18, 19].

В Российской Федерации число случаев листериоза и процент летальных исходов также ежегодно растет (отмечается увеличение тяжелых и среднетяжелых форм заболевания), несмотря на тот факт, что в целом листериоз регистрируется на уровне единичных случаев [2, 10].

Так, согласно государственному докладу Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, в 2021 г. в РФ заболеваемость

Таблица
Праймеры для молекулярной идентификации и дифференциации изолятов
***L. monocytogenes* по серогруппам**

Table
Primers for the molecular identification and differentiation of *L. monocytogenes*
isolates by serogroups

Серогруппы	Гены	Последовательность (5'–3')
4b, 4d, 4e	ORF0799F	5'-GCTGGGTTTCTTACGA-3'
	ORF0799R	5'-CAACCGTTCATTAGCTCAT-3'
	ORF0799P	FAM-TCTGCTGTTCAAGTATTGGAGTGGGA-BHQ1
1/2a, 1/2c, 3a, 3c	Lmo0737F	5'-GCGGATGTGATTGTTAC-3'
	Lmo0737R	5'-AAACTGCACTAAGCTTGAAT-3'
	Lmo0737P	ROX-TGCTCCAGGATCAAGACACGGTA-BHQ2
1/2c, 3c	Lmo1118F	5'-CTTAGTATCCAGGATTAAGACC-3'
	Lmo1118R	5'-CCAAAGAACCAATGTGATCGAATC-3'
	Lmo1118P	FAM-CCTTATCTCTCTGAGTGTATACGCCCTC-RTQ1

листериозом составила 45 случаев¹; в 2022 г. – 81 случай, из них 14 с летальным исходом², в 2023 г. – 100 случаев, из них 18 с летальным исходом³, в 2024 г. – 208 случаев, из которых 49 закончились летальным исходом⁴. Основное число заболевших регистрируют ежегодно в крупных городах (в Москве и Санкт-Петербурге), при этом выраженных сезонных колебаний заболевания не установлено [1].

Высокий уровень летальности при листериозе требует своевременного начала лечения, а именно применения антибиотиков. Что касается восприимчивости к антимикробным препаратам, *L. monocytogenes*, несмотря на широкое распространение в окружающей среде, в целом демонстрирует относительно низкие показатели резистентности, однако последние исследования свидетельствуют о приобретении устойчивости к антибиотикам штаммов листерий, в том числе выделенных из пищевой продукции [3, 16, 20, 21, 22].

Вместе с тем антибиотикорезистентность в настоящее время рассматривается как одна из основных угроз глобальному здравоохранению, для борьбы с которой объединились Всемирная организация здравоохранения, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде и Всемирная организация здравоохранения животных в рамках концепции «Единое здоровье» [23, 24, 25].

С целью борьбы с устойчивостью к антимикробным препаратам в РФ в 2017 г. была утверждена Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года⁵. Кроме того, в 2024 г. был утвержден План мероприятий на 2025–2030 гг. по реализации указанной стратегии⁶, определивший нормативно-правовое регулирование, информирование населения, системный мониторинг и прочее.

Таким образом, актуальность работы обусловлена

важностью мониторинга распространения *L. monocytogenes* путем исследования пищевой продукции с целью отслеживания эпидемиологических путей распространения возбудителя, в том числе обладающего резистентностью, предотвращения его передачи человеку и возникновения вспышек листериоза.

Новизна работы представлена результатами исследования образцов животноводческой продукции из трех регионов Центральной России (Владимирская, Костромская и Ивановская области) с последующим выделением изолятов *L. monocytogenes*, типированием с помощью полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ), определением устойчивости к антибактериальным препаратам и оценкой динамики антибиотикорезистентности.

Цель работы – идентификация серотипов и анализ антибиотикорезистентности изолятов *L. monocytogenes*, выделенных из продукции животного происхождения в период с 2021 по 2024 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в отделе микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», были проанализированы 77 изолятов *L. monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Реактивы и питательные среды: бульон Фрейзера для первичного обогащения (Merck KGaA, Германия), бульон Фрейзера для вторичного обогащения (Merck KGaA, Германия), агар Агости – Оттавиани (Merck KGaA, Германия), агар Оксфорд (Merck KGaA, Германия), триптон-соевый агар (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия), агар Мюллера – Хинтона (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия).

Микробиологический анализ проводили по ГОСТ 32031-2022 «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* и других видов *Listeria* (*Listeria* spp.)»⁷.

Навеску продукта (25 г) вносили в стерильный пакет с 225 см³ бульона Фрейзера для первичного обогащения, гомогенизировали 1 мин и инкубировали при температуре (30 ± 1) °С в течение (25 ± 1) ч. Материал после первичного обогащения (0,1 см³) помещали в 10 см³ бульона Фрейзера и инкубировали при температуре (37 ± 1) °С в течение (24 ± 2) ч.

После инкубации образцы пересеивали с помощью бактериологической петли параллельно на поверхность двух плотных селективных сред (агар Агости – Оттавиани, агар Оксфорд) и культивировали при температуре (37 ± 1) °С в течение 24–48 ч, контролируя наличие роста характерных для бактерий рода *Listeria* колоний.

Колонии с ростом, характерным для бактерий рода *Listeria*, пересеивали на поверхность триптон-соевого агара с дрожжевым экстрактом для получения изолированных колоний и инкубировали при температуре (37 ± 1) °С в течение (24 ± 3) ч.

Вместе с тем осуществляли ускоренную идентификацию выделенных микроорганизмов с помощью время-пролетной масс-спектрометрии (Autof MS1000, Autobio Diagnostics Co., Ltd, Китай), а также путем определения подвижности культур, окраски по Граму и проверки каталазной активности.

Определение антибиотикорезистентности. Тестирование чувствительности к антимикробным препаратам изолятов *L. monocytogenes* проводилось диско-диффузионным методом согласно методическим указаниям МУК 04-4.2.1890 «Определение чувствительности

¹ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796

² https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25076

³ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=27779

⁴ https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171

⁵ <http://static.government.ru/media/files/onJ3GY3ObDGqLDvRED7AhplF3yWRFpp.pdf>

⁶ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409448585/?ysclid=mhymueuaxf332408554>

⁷ <https://docs.cntd.ru/document/1200193714?ysclid=mhyosx40nk732110910>



Рис. 1. Распределение частоты выявления изолятов *L. monocytogenes* в образцах продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Fig. 1. Distribution frequency of *L. monocytogenes* isolates detected in animal product samples in 2021–2024

микробов к антибактериальным препаратам»⁸.

Антибиотики (бумажные диски производства ФБУН «Санкт-Петербургский НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Россия): азитромицин 15 мкг, амикацин 30 мкг, амоксициллин 20 мкг, ампициллин/сульбактам 10 мкг, бензилпенициллин 10 ЕД/6 мкг, ванкомицин 30 мкг, доксициклин 30 мкг, имипенем 10 мкг, канамицин 30 мкг, левофлоксацин 5 мкг, меропенем 10 мкг, норфлоксацин 10 мкг, рифампицин 5 мкг, сульфаметоксазол/триметоприм 23,75/1,25 мкг, стрептомицин 10 мкг, тетрациклин 30 мкг, хлорамфеникол/левомицетин 30 мкг, цефазолин 30 мкг, цефуроксим 30 мкг, эритромицин 15 мкг.

Выбор антибактериальных препаратов был обусловлен тем, что при терапии для животных, а также при лечении листериоза у человека используют пенициллины (ампициллин, бензилпенициллин, пенициллин, амоксициллин) часто в сочетании с аминогликозидами (гентамицин, стрептомицин). Альтернативными антибиотиками (препараты второй линии лечения) могут выступать: сульфаметоксазол/триметоприм, макролиды (эритромицин), фторхинолоны (левофлоксацин), тетрациклины (тетрациклин, доксициклин), карбапенемы (меропенем, имипенем), рифампицин и ванкомицин. Таким образом, обнаружение устойчивости к указанным препаратам может ограничить возможности лечения, особенно для пациентов, имеющих аллергические реакции на ряд антимикробных препаратов [5, 16, 21, 22, 26].

Для оценки антибиотикорезистентности применяли бактериальную суспензию с оптической плотностью 0,5 по стандарту МакФарланда, приготовленную из суточной культуры изолятов *L. monocytogenes*, выросшей на агаре Мюллера – Хинтона.

Плотность суспензии измеряли с помощью денситометра (VITEK® bioMérieux модель Densichek, Франция), затем инокулировали ее в стерильные чашки Петри на подсушенную поверхность триптон-соевого агара с помощью стерильного хлопкового тампона штриховыми движениями без промежутков. После аппликации дисков с антибиотиками (4 диска на 1 чашку Петри) чашки Петри инкубировали при 37 °С в течение (18 ± 2) ч. Зоны задержки роста микроорганизмов вокруг дисков измеряли с точностью до 1 мм.

Оценку результатов осуществляли с помощью российских рекомендаций «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (МАКМАХ, версия 2025-01), подготовленных на основе рекомендаций Европейского комитета по определению чувствительности к антимикробным препаратам (EUCAST) [27, 28].

Поскольку рекомендации EUCAST не предусматривают критериев интерпретации антибиотикорезистентности для *L. monocytogenes* по всему перечню используемых в данном



Рис. 2. Антибиотикорезистентность изолятов *L. monocytogenes*, выявленных в продукции животного происхождения в 2021–2024 гг.

Fig. 2. Antibiotic resistance of *L. monocytogenes* isolates detected in animal products in 2021–2024

исследовании антимикробных препаратов, пограничные значения зон задержки роста для большинства антибиотиков были основаны на данных для *Staphylococcus* spp. Для анализа чувствительности листерий к ванкомицину и стрептомицину были использованы значения для *Enterococcus* spp. [5, 16, 29, 30].

ПЦР-РВ. Для выделения ДНК в работе использовали комплект реагентов «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) согласно инструкции производителя.

Серологические группы *L. monocytogenes* были иденти-

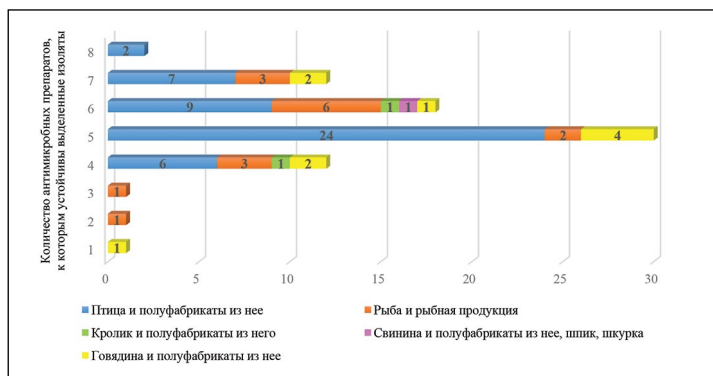


Рис. 3. Изоляты *L. monocytogenes*, выявленные в образцах животноводческой продукции в 2021–2024 гг., со множественной антибиотикорезистентностью

Fig. 3. *L. monocytogenes* isolates with multidrug resistance detected in samples of animal products in 2021–2024

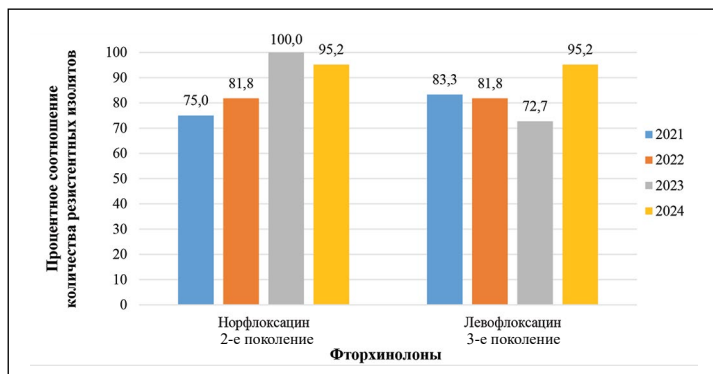


Рис. 4. Резистентность изолятов *L. monocytogenes* к фторхинолонам

Fig. 4. Resistance of *L. monocytogenes* isolates to fluoroquinolones

⁸ <https://docs.cntd.ru/document/1200038583?ysclid=mhycpum520443253115>

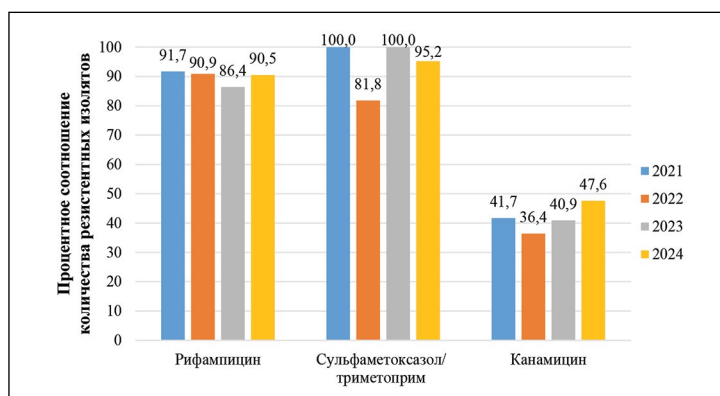


Рис. 5. Резистентность изолятов *L. monocytogenes* к сульфаметоксазолу/триметоприму, рифампицину и канамицину

Fig. 5. Resistance of *L. monocytogenes* isolates to sulfamethoxazole/trimethoprim, rifampicin, and kanamycin

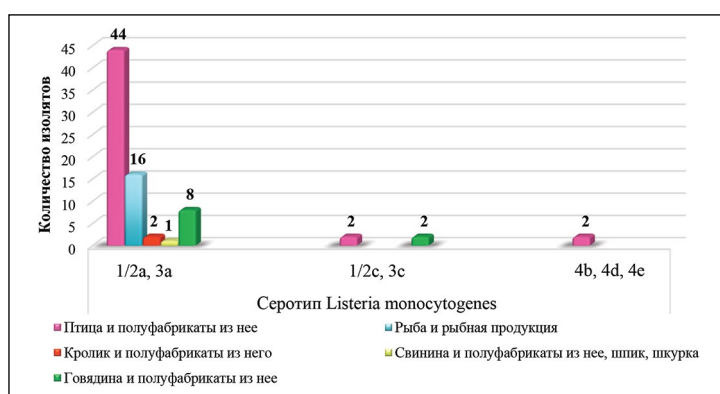


Рис. 6. Определение серотипов *L. monocytogenes* в образцах продукции животного происхождения методом ПЦР-РВ

Fig. 6. Determination of *L. monocytogenes* serotypes in animal product samples by qPCR

фицированы согласно методическим рекомендациям по дифференциации генома бактерии серогрупп (1/2a, 3a), (1/2c, 3c) и (4b, 4d, 4e) в продукции животного происхождения с помощью ПЦР-РВ, разработанным в ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Серогруппу IIa (серотипы 1/2a и 3a) идентифицировали амплификацией фрагмента гена *lmo0737*; гены *lmo0737* и *lmo1118* позволяли идентифицировать серогруппу IIc (серотипы 1/2c, 3c); серогруппу IVb (серотипы 4b, 4d и 4e) определяли амплификацией гена *ORF0799*. Праймеры были изготовлены по заказу НПК «Синтол» (Россия).

В качестве положительных контролей использовали следующие штаммы:

- серотип 1/2a (ПКО1) – ДНК *L. monocytogenes* № 15 (ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ФГБНУ ФИЦВиМ, Россия);
- серотип 1/2c (ПКО2) – ДНК *L. monocytogenes* 5348 № 20 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 3a (ПКО3) – ДНК *L. monocytogenes* № 39 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 3c (ПКО4) – ДНК *L. monocytogenes* № 46 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 4b (ПКО5) – ДНК *L. monocytogenes* ATCC 19115 (ФБНУ «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия);
- серотип 4d (ПКО6) – ДНК *L. monocytogenes* 10888 № 72 (ФГБНУ ФИЦВиМ);
- серотип 4e (ПКО7) – ДНК *L. monocytogenes* 19118 № 75 (ФГБНУ ФИЦВиМ).

Нуклеотидные последовательности праймеров и зонда для

дифференциации участков генома *L. monocytogenes* серогрупп (1/2a, 3a), (1/2c, 3c) и (4b, 4d, 4e) представлены в таблице [14, 19].

При приготовлении реакционной смеси использовали следующие объемы компонентов в расчете на одну пробу: 10x ПЦР буфер Б – 2,5 мкл; dNTP 2,5 mM – 2,5 мкл; MgCl₂ 25 mM – 2,5 мкл; смесь праймеров и зонда (10 пкмоль/мкл каждого) – по 0,5 мкл; *SynTaq* ДНК-полимераза 5 Е/мкл – 0,2 мкл; ddH₂O – 11,8 мкл (набор реагентов для проведения ПЦР-РВ производства НПК «Синтол», Россия).

ПЦР-РВ проводили в термоциклере (модуль CFX, C1000 Touch, Bio-Rad Laboratories, Inc., США) в объеме 25 мкл, содержащем 20 мкл смеси и 5 мкл ДНК изолятов *L. monocytogenes*.

Протокол включал в себя прогрев реакционной смеси при 94 °С в течение 3 мин, 40 циклов с денатурацией при 94 °С в течение 20 с, отжигом при 58 °С 30 с и элонгацией при 72 °С 25 с, а затем завершение реакции при 72 °С в течение 10 мин.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований образцов продукции животного происхождения за период с 2021 по 2024 г. было обнаружено 77 изолятов *L. monocytogenes* (12 изолятов в 2021 г., 22 изолята в 2022 г., 22 изолята в 2023 г., 21 изолят в 2024 г.).

На рисунке 1 представлена графическая интерпретация распределения частоты выявления изолятов бактерии *L. monocytogenes* в продукции животного происхождения. Чаще всего патоген обнаруживали в мясе птицы – 48 изолятов листерий, что составило значительную долю (62%) от общего количества идентифицированных изолятов. Рыба и рыбная продукция, а также говядина и мясные полуфабрикаты из нее также представляли собой значимый источник контаминации *L. monocytogenes* (16 изолятов – 21% и 10 изолятов – 13% соответственно).

Как показывают данные Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA), вспышки пищевых инфекций, вызванных *L. monocytogenes*, в Европе были обусловлены в основном контаминацией продуктов питания из этих же категорий: мясо бройлеров, говядина, свинина и продукты из них; рыба и рыбные продукты, а также сыры [7].

В рамках данной работы был проведен анализ устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к 20 лекарственным препаратам. Результаты представлены на рисунке 2.

Исследования продемонстрировали высокий уровень устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к ряду антибактериальных препаратов. Так, максимальная частота резистентности наблюдалась к цефуроксиму (100,0%), сульфаметоксазолу/триметоприму (93,5%), норфлоксацину (89,6%), рифампицину (89,6%), левофлоксацину (83,1%), канамицину (41,6%). Вместе с тем все изоляты *L. monocytogenes* оказались чувствительны к ампициллину/сульбактаму, бензилпенициллину, азитромицину, амикацину, ванкомицину и меропенему.

Полученные данные коррелируют с исследованиями других авторов, которые показывают чувствительность изолятов *L. monocytogenes* к ампициллину, бензилпенициллину, ванкомицину и резистентность к рифампицину, сульфаметоксазолу/триметоприму, канамицину, норфлоксацину и эритромицину [4, 5, 22, 31]. Кроме того, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в рамках государственного доклада за 2024 г. предоставила информацию о резистентности штаммов *L. monocytogenes*, выделенных из пищевой продукции, к сульфаметоксазолу/триметоприму⁹.

Наши данные и иные результаты, представленные

⁹ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409448585/?ysclid=mhymceuxaf332408554>

отдельными авторами, подчеркивают важность мониторинга чувствительности *L. monocytogenes* ввиду роста резистентности к ряду противомикробных препаратов, в том числе к тетрациклину и эритромицину [3]. В рамках проведенной нами работы определено 3,9% изолятов, резистентных к тетрациклину, и 11,7% – к эритромицину.

Наряду с этим ряд исследователей отмечает факт разнообразия генетических профилей *L. monocytogenes*, обуславливающих вариативность чувствительности к антимикробным препаратам [16].

В ходе проведенных испытаний выявлено, что 98,7% изолятов *L. monocytogenes* были резистентны более чем к одному антибиотику. Изолятов, устойчивых ко всем исследуемым антимикробным препаратам, не обнаружено.

Результаты экспериментов других авторов подтверждают не только факт резистентности *L. monocytogenes*, выделяемых из пищевой продукции, как минимум к одному антибиотику, но и показывают увеличение числа штаммов со множественной устойчивостью, представляющей серьезную проблему для современной медицины [5, 16, 32].

Вместе с тем, как показано на рисунке 3, резистентность к пяти антимикробным препаратам определена у 30 изолятов (38,9%), к шести – у 18 изолятов (23,4%), к четырем – у 12 изолятов (15,6%).

Также в рамках работы было выявлено 2 изолята *L. monocytogenes*, имеющих устойчивость к восьми антибиотикам (2,6%), и 12 изолятов, обладающих резистентностью к семи антибиотикам (15,6%).

Почти половина выделенных изолятов *L. monocytogenes* (46,8%) были устойчивы к трем классам антибиотиков (цефалоспорины, сульфаниламиды, фторхинолоны) и рифампицину. Чаще всего изоляты со множественной резистентностью обнаруживались в продукции из мяса птицы.

Впервые о появлении штаммов, невосприимчивых к действию фторхинолонов, сообщалось в начале 1990-х гг., однако до середины 2000-х гг. множественная лекарственная устойчивость среди *L. monocytogenes* встречалась редко [5].

Рисунок 4 демонстрирует рост числа изолятов *L. monocytogenes*, резистентных к ряду антимикробных препаратов в рамках одного класса (фторхинолоны), в период с 2021 по 2024 г. Так, в 2024 г. устойчивость изолятов к левофлоксацину (фторхинолон 3-го поколения) по сравнению с 2021 г. увеличилась на 11,9%. Аналогичные результаты наблюдали и в отношении норфлоксацина (фторхинолон 2-го поколения) – рост резистентности за четыре года на 20,2%.

Устойчивость к канамицину (аминогликозид 1-го поколения) в период с 2021 по 2024 г. увеличилась на 5,9%. Отмечен высокий уровень (от 81,8 до 100,0%) резистентности к сульфаметоксазолу/триметоприму и рифампицину (рис. 5).

На следующем этапе работы были идентифицированы серологические группы *L. monocytogenes*. Значительная доля выявленных в продукции изолятов бактерии данного вида, согласно результатам исследований других авторов, принадлежит к серогруппе IIa, в особенности к серотипу 1/2a, который демонстрирует более высокую адаптивность и устойчивость к дезинфицирующим средствам или другим факторам окружающей среды [3, 6, 16, 32, 33]. Вместе с тем, по данным отчета Европейского центра профилактики и контроля заболеваний (ECDC European Surveillance System, TESSy), в 2023 г. наиболее распространенной серогруппой была IVb (47,8%), за ней следовали IIa (41,7%), IIb (9,0%) и IIc (1,6%) [12].

Определение серотипов листерий традиционными серологическими методами требует значительного времени, малоспецифично, кроме того, оно не распространено в РФ из-за отсутствия специфических сывороток. Для установления серогрупп *L. monocytogenes* ряд авторов рекомендует применять ПЦР-РВ [15, 17].

В ходе нашего исследования методом ПЦР-РВ с исполь-

зованием трех пар праймеров при серологической идентификации 77 изолятов *L. monocytogenes* было установлено, что 71 изолят (92,2%) принадлежал к серотипам 1/2a, 3a и относился к серогруппе IIa; 4 изолята (5,2%) – к серотипам 1/2c, 3c и серогруппе IIc; 2 изолята (2,6%) – к серотипам 4b, 4d, 4e и серогруппе IVb (рис. 6). Изолят самого опасного серотипа *L. monocytogenes* 4b был выявлен в мясе птицы, что может представлять потенциальную эпидемиологическую опасность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы было выделено 77 изолятов *L. monocytogenes*, при этом установлено, что мясо птицы являлось основным источником контаминации листериями, на долю которого приходится 62% от общего числа выявленных изолятов.

Были получены данные, свидетельствующие о растущей резистентности изолятов листерий, включая множественную резистентность.

Изоляты *L. monocytogenes* имели максимальную устойчивость к цефуроксиму (100,0%), сульфаметоксазолу/триметоприму (93,5%), норфлоксацину (89,6%), рифампицину (89,6%), левофлоксацину (83,1%), канамицину (41,6%). При этом все изоляты были чувствительны к азитромицину, амикацину, ампициллину/сульбактаму, бензилпенициллину, ванкомицину и меропенему.

Подавляющее большинство изолятов *L. monocytogenes* (98,7%) продемонстрировали устойчивость более чем к одному антибиотику. Так, к пяти антимикробным препаратам обладали резистентностью 30 изолятов (38,9%), к шести – 18 изолятов (23,4%), к четырем – 12 изолятов (15,6%). Также определены 2 изолята (2,6%), имеющие устойчивость к восьми антибиотикам, и 12 изолятов (15,6%) – к семи антибактериальным препаратам.

При анализе полученных данных в период с 2021 по 2024 г. среди изолятов *L. monocytogenes* был зафиксирован рост резистентности к препаратам из группы фторхинолонов: к норфлоксацину (2-е поколение фторхинолонов) – на 20,2%, к левофлоксацину (3-е поколение фторхинолонов) – на 11,9%. Также за исследуемый период наблюдалось увеличение устойчивости изолятов *L. monocytogenes* к канамицину на 5,9%. Резистентность к сульфаметоксазолу/триметоприму и рифампицину оставалась на уровне 81,8–100,0%.

Методом ПЦР-РВ установлено, что 92,2% исследуемых изолятов *L. monocytogenes* относятся к серогруппе (1/2a, 3a). В мясе птицы были выявлены изоляты серогруппы IVb, к которой принадлежит самый эпидемиологически опасный серотип листерий 4b.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ковалев В. А., Филатов Н. Н., Алешина Е. Н., Симонова Е. Г. Заболеваемость листериозом в Российской Федерации. *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2019; 7 (4): 509–517. <https://doi.org/10.23888/HMJ201974509-517>
- Честнова Т. В., Малютина Т. К., Гусакова Д. Р., Зайцева Е. Д. Динамика эпидемического процесса при листериозе в России и мире (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2024; (6): 101–110. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-6-2-1>
- Михайлова Ю. В., Молчанов А. Д., Шеленков А. А., Тюменцева М. А., Карбышев К. С., Тюменцев А. И. и др. Гетерогенность антибиотикорезистентных изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных из пищевой продукции в Москве. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2023; 22 (6): 108–123. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-6-108-123>
- Шастин П. Н., Якимова Э. А., Супова А. В., Савинов В. А., Ежова Е. Г., Хабарова А. В., Лаишевцев А. И. Антибиотикорезистентность и фагочувствительность листериозных патогенов. *Аграрная наука*. 2024; (3): 50–56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-50-56>
- Ермолаева С. А., Карпова Т. И., Андриянов П. А., Журилов П. А., Воронина О. Л., Рыжова Н. Н. и др. Распространение антимикробной устойчивости среди клинических и пищевых изолятов *Listeria monocytogenes*, выделенных в Москве в 2019–2021 гг. *Клиническая микробиология*

- и антимикробная химиотерапия. 2022; 24 (2): 156–164. <https://doi.org/10.36488/смас.2022.2.156-164>
6. Асташкин Е. И., Алексеева Е. А., Борзенков В. Н., Кисличкина А. А., Мухина Т. Н., Платонов М. Е. и др. Молекулярно-генетическая характеристика полирезистентных штаммов *Listeria monocytogenes* и идентификация новых сиквенс-типов. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2021; 39 (4): 3–13. <https://doi.org/10.17116/molgen2021390413>
7. EFSA (European Food Safety Authority). Story map on *Listeria monocytogenes*. 2024. <https://storymaps.arcgis.com/stories/629e6627e6c64111bfd5b9257473c74a>
8. Churchill K. J., Sargeant J. M., Farber J. M., O'Connor A. M. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in select ready-to-eat foods – deli meat, soft cheese, and packaged salad: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Protection*. 2019; 82 (2): 344–357. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-158>
9. World Health Organization. Listeriosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>
10. Воронина О. Л., Кунда М. С., Рыжова Н. Н., Кутузова А. В., Аксенова Е. И., Карпова Т. И. и др. Листерия: генотипирование как ключ к выявлению возможного источника заражения. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2019; 21 (4): 261–273. <https://doi.org/10.36488/смас.2019.4.261-273>
11. Тюкавкина С. Ю., Котиева И. М., Додохова М. А., Гречина Д. А., Бабиев С. А., Харсеева Г. Г. Патогенез и клинические формы листериоза человека. *Южно-Российский журнал терапевтической практики*. 2024; 5 (1): 99–111. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2024-5-1-99-111>
12. European Centre for Disease Prevention and Control. Listeriosis. In: ECDC. *Annual Epidemiological Report for 2023*. Stockholm: ECDC; 2025. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/LIST_AER_2023_Report.pdf
13. European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2023 Zoonoses report. *EFSA Journal*. 2024; 22 (12):e9106. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106>
14. Vitullo M., Grant K. A., Sammarco M. L., Tamburro M., Ripabelli G., Amar C. F. L. Real-time PCRs assay for serogrouping *Listeria monocytogenes* and differentiation from other *Listeria* spp. *Molecular and Cellular Probes*. 2013; 27 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2012.10.001>
15. Alía A., Andrade M. J., Córdoba J. J., Martín I., Rodríguez A. Development of a multiplex real-time PCR to differentiate the four major *Listeria monocytogenes* serotypes in isolates from meat processing plants. *Food Microbiology*. 2020; 87:103367. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103367>
16. Tsitsos A., Peratikos P., Damianos A., Kyritsi M. A., Arsenos G., Hadjichristodoulou C., et al. Prevalence, molecular characterization, antibiotic resistance, and investigation of transmission pathways of *Listeria monocytogenes* strains isolated along the beef production chain. *Food Microbiology*. 2025; 129:104745. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104745>
17. Хаптанова Н. М., Андреевская Н. М., Лукьянова С. В., Коновалова Ж. А., Гефан Н. Г., Остяк А. С., Токмакова Е. Г. Особенности серологической диагностики листериоза (обзор литературы). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019; 4 (1): 43–49. <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.1.7>
18. Buchanan R. L., Gorris L. G. M., Hayman M. M., Jackson T. C., Whiting R. C. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*. 2017; 75: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>
19. Pan Y., Breidt F. Jr., Kathariou S. Competition of *Listeria monocytogenes* serotype 1/2a and 4b strains in mixed-culture biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75 (18): 5846–5852. <https://doi.org/10.1128/AEM.00816-09>
20. Olaimat A. N., Al-Holy M. A., Shahbaz H. M., Al-Nabulsi A. A., Abu Ghoush M. H., Osaili T. M., et al. Emergence of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes* isolated from food products: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (5): 1277–1292. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12387>
21. Radoshevich L., Cossart P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*. 2018; 16 (1): 32–46. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>
22. Baquero F., Lanza V. F., Duval M., Coque T. M. Ecogenetics of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes*. *Molecular Microbiology*. 2020; 113 (3): 570–579. <https://doi.org/10.1111/mmi.14454>
23. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>
24. World Health Organization. World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: WHO; 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376869/9789240094703-eng.pdf>
25. Tarín-Pelló A., Suay-García B., Pérez-Gracia M.-T. Antibiotic resistant bacteria: current situation and treatment options to accelerate the development of a new antimicrobial arsenal. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. 2022; 20 (8): 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2078308>
26. Koopmans M. M., Brouwer M. C., Vázquez-Boland J. A., van de Beek D. Human listeriosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2022; 36 (1):e00060-19. <https://doi.org/10.1128/cmr.00060-19>
27. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: российские рекомендации. Версия 2025-01. Смоленск: CFMU; МАКМАХ; 2025. 208 с. <https://www.antibiotic.ru/library/осмап2025>
28. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 15.0, valid from 2025-01-01. https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/QC/v_15.0_EUCAST_QC_tables_routine_and_extended_QC.pdf
29. Angelidis A. S., Grammenou A. S., Kotzamanidis C., Giadinis N. D., Zdragas A. G., Sergelidis D. Prevalence, serotypes, antimicrobial resistance and biofilm-forming ability of *Listeria monocytogenes* isolated from bulk-tank bovine milk in Northern Greece. *Pathogens*. 2023; 12 (6):837. <https://doi.org/10.3390/pathogens12060837>
30. Kawacka I., Pietrzak B., Schmidt M., Olejnik-Schmidt A. *Listeria monocytogenes* isolates from meat products and processing environment in Poland are sensitive to commonly used antibiotics, with rare cases of reduced sensitivity to ciprofloxacin. *Life*. 2023; 13 (3):821. <https://doi.org/10.3390/life13030821>
31. Capita R., Felices-Mercado A., García-Fernández C., Alonso-Calleja C. Characterization of *Listeria monocytogenes* originating from the Spanish meat-processing chain. *Foods*. 2019; 8 (11):542. <https://doi.org/10.3390/foods8110542>
32. Papatzimos G., Kotzamanidis C., Kyritsi M., Malissiova E., Economou V., Giantzi V., et al. Prevalence and characteristics of *Listeria monocytogenes* in meat, meat products, food handlers and the environment of the meat processing and the retail facilities of a company in Northern Greece. *Letters in Applied Microbiology*. 2022; 74 (3): 367–376. <https://doi.org/10.1111/lam.13620>
33. Ayaz N. D., Onaran B., Cufaoglu G., Goncuoglu M., Ormanci F. S., Erol I. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from beef and sheep carcasses in Turkey with characterization of locally isolated listeriophages as a control measure. *Journal of Food Protection*. 2018; 81 (12): 2045–2053. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-310>

REFERENCES

1. Kovalev V. A., Filatov N. N., Aleshina E. N., Simonova E. G. Sickness of listeriosis in Russian Federation. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*. 2019; 7 (4): 509–517. <https://doi.org/10.23888/HMJ201974509-517>
2. Chestnova T. V., Malyutina T. K., Guskova D. R., Zaytseva E. D. Dynamics of the epidemic process at listeriosis in Russia and the world (literature review). *Journal of New Medical Technologies*. 2024; (6): 101–110. <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2024-6-2-1> (in Russ.)
3. Mikhailova Yu. V., Molchanov A. D., Shelentov A. A., Tyumentseva M. A., Karbyshev K. S., Tyumentsev A. I., et al. Heterogeneity of antibiotic-resistant isolates of *Listeria monocytogenes* isolated from food products in Moscow. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2023; 22 (6): 108–123. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-6-108-123> (in Russ.)
4. Shastin P. N., Yakimova E. A., Supova A. V., Savinov V. A., Ezhova E. G., Khabarova A. V., Laishevtsev A. I. Antibiotic resistance and phage sensitivity of topical listeriosis pathogens. *Agrarian science*. 2024; (3): 50–56. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-50-56> (in Russ.)
5. Ermolaeva S. A., Karpova T. I., Andriyanov P. A., Zhurilov P. A., Voronina O. L., Ryzhova N. N., et al. Distribution of antimicrobial resistance among clinical and food *Listeria monocytogenes* isolated in Moscow in 2019–2021. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2022; 24 (2): 156–164. <https://doi.org/10.36488/смас.2022.2.156-164> (in Russ.)
6. Astashkin E. I., Alekseeva E. A., Borzenkov V. N., Kislichkina A. A., Mukhina T. N., Platonov M. E., et al. Molecular genetic characteristics of poly-resistant *Listeria monocytogenes* strains and identification of new sequence types. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2021; 36 (4): 159–169. <https://doi.org/10.3103/S0891416821040029>
7. EFSA (European Food Safety Authority). Story map on *Listeria monocytogenes*. 2024. <https://storymaps.arcgis.com/stories/629e6627e6c64111bfd5b9257473c74a>
8. Churchill K. J., Sargeant J. M., Farber J. M., O'Connor A. M. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in select ready-to-eat foods – deli meat, soft cheese, and packaged salad: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Protection*. 2019; 82 (2): 344–357. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-158>
9. World Health Organization. Listeriosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/listeriosis>
10. Voronina O. L., Kunda M. S., Ryzhova N. N., Kutzova A. V., Aksенова Е. И., Карпова Т. И. et al. Listeriosis: genotyping as a key for identification a possible

source of infection. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2019; 21 (4): 261–273. <https://doi.org/10.36488/cmhc.2019.4.261-273> (in Russ.)

11. Tyukavkina S. Yu., Kotieva I. M., Dodokhova M. A., Grechina D. A., Babiev S. A., Kharseeva G. G. Pathogenesis and clinical forms of human listeriosis. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2024; 5 (1): 99–111. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2024-5-1-99-111> (in Russ.)

12. European Centre for Disease Prevention and Control. Listeriosis. In: *ECDC. Annual Epidemiological Report for 2023*. Stockholm: ECDC; 2025. https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/LIST_AER_2023_Report.pdf

13. European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). The European Union One Health 2023 Zoonoses report. *EFSA Journal*. 2024; 22 (12):e9106. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106>

14. Vitullo M., Grant K. A., Sammarco M. L., Tamburro M., Ripabelli G., Amar C. F. L. Real-time PCR assay for serogrouping *Listeria monocytogenes* and differentiation from other *Listeria* spp. *Molecular and Cellular Probes*. 2013; 27 (1): 68–70. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2012.10.001>

15. Alia A., Andrade M. J., Córdoba J. J., Martín I., Rodríguez A. Development of a multiplex real-time PCR to differentiate the four major *Listeria monocytogenes* serotypes in isolates from meat processing plants. *Food Microbiology*. 2020; 87:103367. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103367>

16. Tsitsos A., Peratikos P., Damianos A., Kyritsi M. A., Arsenos G., Hadjichristodoulou C., et al. Prevalence, molecular characterization, antibiotic resistance, and investigation of transmission pathways of *Listeria monocytogenes* strains isolated along the beef production chain. *Food Microbiology*. 2025; 129:104745. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104745>

17. Khaptanova N. M., Andreevskaya N. M., Lukyanova S. V., Konovalova Zh. A., Gefan N. G., Ostyak A. S., Tokmakova E. G. Aspects of serological diagnostics of listeriosis (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2019; 4 (1): 43–49. <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.1.7> (in Russ.)

18. Buchanan R. L., Gorris L. G. M., Hayman M. M., Jackson T. C., Whiting R. C. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. *Food Control*. 2017; 75: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.016>

19. Pan Y., Breidt F. Jr., Kathariou S. Competition of *Listeria monocytogenes* serotype 1/2a and 4b strains in mixed-culture biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009; 75 (18): 5846–5852. <https://doi.org/10.1128/AEM.00816-09>

20. Olaimat A. N., Al-Holy M. A., Shahbaz H. M., Al-Nabulsi A. A., Abu Ghoush M. H., Osaili T. M., et al. Emergence of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes* isolated from food products: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018; 17 (5): 1277–1292. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12387>

21. Radoshevich L., Cossart P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nature Reviews Microbiology*. 2018; 16 (1): 32–46. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>

22. Vaquero F., Lanza V. F., Duval M., Coque T. M. Ecogenetics of antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes*. *Molecular Microbiology*. 2020; 113 (3): 570–579. <https://doi.org/10.1111/mmi.14454>

23. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>

24. World Health Organization. World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: WHO; 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376869/9789240094703-eng.pdf>

25. Tarín-Pelló A., Suay-García B., Pérez-García M.-T. Antibiotic resistant bacteria: current situation and treatment options to accelerate the development of a new antimicrobial arsenal. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. 2022; 20 (8): 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2078308>

26. Koopmans M. M., Brouwer M. C., Vázquez-Boland J. A., van de Beek D. Human listeriosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2022; 36 (1):e00060-19. <https://doi.org/10.1128/cmr.00060-19>

27. Determination of the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs: Russian recommendations. Version 2025-01. Smolensk: Smolensk State Medical University; Interregional Association for Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy; 2025. 208 p. <https://www.antibiotic.ru/library/ocmap2025> (in Russ.)

28. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 15.0, valid from 2025-01-01. https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/QC/v_15_0_EUCAST_QC_tables_routine_and_extended_QC.pdf

29. Angelidis A. S., Grammenou A. S., Kotzamanidis C., Giadinis N. D., Zdragas A. G., Sergelidis D. Prevalence, serotypes, antimicrobial resistance and biofilm-forming ability of *Listeria monocytogenes* isolated from bulk-tank bovine milk in Northern Greece. *Pathogens*. 2023; 12 (6):837. <https://doi.org/10.3390/pathogens12060837>

30. Kawacka I., Pietrzak B., Schmidt M., Olejnik-Schmidt A. *Listeria monocytogenes* isolates from meat products and processing environment in Poland are sensitive to commonly used antibiotics, with rare cases of reduced sensitivity to ciprofloxacin. *Life*. 2023; 13 (3):821. <https://doi.org/10.3390/life13030821>

31. Capita R., Felices-Mercado A., García-Fernández C., Alonso-Calleja C. Characterization of *Listeria monocytogenes* originating from the Spanish meat-processing chain. *Foods*. 2019; 8 (11):542. <https://doi.org/10.3390/foods8110542>

32. Papatzimos G., Kotzamanidis C., Kyritsi M., Malissiova E., Economou V., Giantzi V., et al. Prevalence and characteristics of *Listeria monocytogenes* in meat, meat products, food handlers and the environment of the meat processing and the retail facilities of a company in Northern Greece. *Letters in Applied Microbiology*. 2022; 74 (3): 367–376. <https://doi.org/10.1111/lam.13620>

33. Ayaz N. D., Onaran B., Cufaoglu G., Goncuoglu M., Ormanci F. S., Erol I. Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from beef and sheep carcasses in Turkey with characterization of locally isolated listeriophages as a control measure. *Journal of Food Protection*. 2018; 81 (12): 2045–2053. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-18-310>

Поступила в редакцию / Received 01.10.2025

Поступила после рецензирования / Revised 05.11.2025

Принята к публикации / Accepted 02.12.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Акулич Ольга Андреевна, аспирант ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; akulich.olgand@yandex.ru

Olga A. Akulich, Postgraduate Student, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; akulich.olgand@yandex.ru

Шадрова Наталья Борисовна, канд. биол. наук, заведующий отделом микробиологических исследований ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7510-1269>, shadrova@arriah.ru

Natalya B. Shadrova, Cand. Sci. (Biology), Head of Department for Microbiological Testing, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7510-1269>, shadrova@arriah.ru

Денисова Галина Сергеевна, канд. биол. наук, руководитель Владимирской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0714-3912>, skitovich@arriah.ru

Galina S. Denisova, Cand. Sci. (Biology), Head of the Vladimir Testing Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0714-3912>, skitovich@arriah.ru

Вклад авторов: Акулич О. А. – проведение исследований, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка текста статьи, создание рисунков; Шадрова Н. Б. – формулировка ключевых целей и задач, редактирование текста статьи и утверждение окончательного варианта; Денисова Г. С. – формирование идеи, формулировка ключевых целей и задач, редактирование текста статьи.

Contribution of the authors: Akulich O. A. – testing, obtained data analysis and interpretation, paper text preparation, figure creation; Shadrova N. B. – formulation of key goals and objectives, paper text editing and approval of final paper text; Denisova G. S. – conceptualization, formulation of key goals and objectives, paper text editing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-46-53>
УДК 619:615.331.015.8:636.22/28



Антибактериальная терапия в молочных стадах и отношение ветеринарных врачей к проблеме антибиотикорезистентности в Нижегородской области

Т. В. Овсюkho, О. А. Буpова, И. В. Яшин, Е. А. Широкова, Т. Н. Демидова, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ); Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ (ННИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ), ул. Ветеринарная, 3, г. Нижний Новгород, 603950, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Рациональный подход ветеринарных специалистов к выбору антибиотика является одним из условий успешного лечения инфекционных болезней животных, в том числе снижает риск формирования антибиотикорезистентности. Понимание позиции ветеринарных врачей относительно антимикробной резистентности и информация об объеме их знаний по данной теме необходимы для пересмотра планов по оптимальному применению противомикробных препаратов в области животноводства.

Цель исследования. Определение основных причин и степени обоснованности применения антибактериальных препаратов в молочном животноводстве, а также выяснение информированности ветеринарных врачей о проблеме антибиотикорезистентности и путях ее преодоления.

Материалы и методы. Оценку рациональности использования антибиотиков проводили методом анкетирования ветеринарных врачей 44 молочных хозяйств, расположенных в 12 районах и городских округах Нижегородской области, с последующей статистической обработкой полученных данных.

Результаты. Установлено, что 90,0% опрошенных ветеринарных врачей хозяйств вели амбулаторный журнал с записью о лечении антибиотиками, а 10,0% не всегда регистрировали назначения антибиотиков в журнале. Больше половины (63,0%) ветеринаров используют антибактериальные препараты для обеспечения благополучия животных, 21,0% – для повышения рентабельности животноводства и 16,0% – для профилактики заболеваний. Чаще всего антибактериальные препараты назначались для лечения органов дыхания (21,4%), молочной железы (19,0%) и репродуктивных органов (22,1%). Около 52,0% респондентов заявили, что не используют антибиотики для профилактики заболеваний животных, 17,3% – применяют антимикробные препараты для профилактики заболеваний молочной железы (в основном в сухостойный период) и 9,6% – для профилактики заболеваний репродуктивных органов самок после отела, при этом 50,0% опрошенных не ставят перед собой задачу сокращения применения антибактериальных средств. Это создает высокие риски появления антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов и распространения их по пищевой цепи. Большинство ветеринарных врачей (68,0%) отметили, что ограничивающим условием для широкого применения антибиотиков для молочного скота является контроль их остаточного содержания в молоке. **Заключение.** Несмотря на отсутствие комплексной программы по сокращению использования антибиотиков, опрошенные специалисты признают существование механизма, ограничивающего распространение антибиотикорезистентности. Единственным условием сдерживания использования антибиотиков является контроль их содержания в сыром молоке, что диктует необходимость дальнейшего регулирования в данной сфере, оптимизации и рационализации антибиотикотерапии.

Ключевые слова: ветеринары, опрос, использование антибиотиков, устойчивость к противомикробным препаратам, молочное животноводство

Для цитирования: Овсюkho Т. В., Буpова О. А., Яшин И. В., Широкова Е. А., Демидова Т. Н., Блохин А. А. Антибактериальная терапия в молочных стадах и отношение ветеринарных врачей к проблеме антибиотикорезистентности в Нижегородской области. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 46–53. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-46-53>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Овсюkho Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, доцент, заместитель руководителя группы, лаборатория эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Ветеринарная, 3, г. Нижний Новгород, 603950, Россия, dmitry.molkov71@yandex.ru

Antibacterial therapy in dairy herds and the approach of veterinarians towards the issue of antimicrobial resistance in Nizhny Novgorod Oblast

Tatiana V. Ovsyukhno, Olga A. Burova, Ivan V. Yashin, Ekaterina A. Shirokova, Tatiana N. Demidova, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology; Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Veterinarnaya, 3, Nizhny Novgorod 603950, Russia

ABSTRACT

Introduction. A rational approach adopted by veterinary specialists to the selection of antibiotics is essential for successful treatment of infectious animal diseases, *inter alia* reducing the risk of developing antimicrobial resistance. Understanding the position of veterinarians regarding antimicrobial resistance and information about the extent of their knowledge on this issue are necessary for revising plans for the optimal use of antimicrobials in the field of animal husbandry.

Objective. The objective of the work was to determine the main reasons and the soundness of the use of antibacterials in dairy farming, as well as to assess the awareness of the issue of antimicrobial resistance and ways to overcome it.

Materials and methods. Rational use of antibiotics was assessed by surveying veterinarians from 44 dairy farms located in 12 raions and municipalities of Nizhny Novgorod Oblast, followed by statistical processing of the obtained data.

© Овсюkho Т. В., Буpова О. А., Яшин И. В., Широкова Е. А., Демидова Т. Н., Блохин А. А., 2026

Results. It was found that 90.0% of the surveyed farm veterinarians kept an animal treatment log with records of antibiotic treatments, while 10.0% did not always record antibiotic prescriptions in the log. Of them, 63.0% use antibacterials to protect animals from diseases, 21.0% – to increase livestock profitability, and 16.0% – to prevent diseases. Most often, antibacterials were prescribed for treating diseases of the respiratory system (21.4%), the mammary gland (19.0%), and the reproductive organs (22.1%). More than half of the respondents stated that they do not use antibiotics for animal disease prevention, 17.3% use antimicrobials for preventing mammary gland diseases (mainly during the dry period), and 9.6% for preventing diseases of female reproductive organs after calving. Meanwhile, 50.0% of respondents do not aim to reduce their use of antibiotics. This creates high risks of the emergence of antibiotic-resistant strains of microorganisms and their spread through the food chain. The majority of veterinarians (68.0%) noted that the monitoring of residual concentrations of antibiotics in milk is a limiting factor for the widespread use of antibiotics in dairy cattle.

Conclusion. Despite the absence of a comprehensive program to reduce antibiotic use, the surveyed specialists acknowledge the existence of a mechanism that limits the spread of antimicrobial resistance. The only condition for curbing antibiotic use is the control of their content in raw milk, which dictates the need for further regulation in this area, as well as the optimization and prudent use of antibiotics.

Keywords: veterinarians, survey, use of antibiotics, antimicrobial resistance (AMR), dairy farming

For citations: Ovsyukhno T. V., Burova O. A., Yashin I. V., Shirokova E. A., Demidova T. N., Blokhin A. A. Antibacterial therapy in dairy herds and the approach of veterinarians towards the issue of antimicrobial resistance in Nizhny Novgorod Oblast. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 46–53. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-46-53>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Tatiana V. Ovsyukhno, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Deputy Head of the Group, Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, ul. Veterinarnaya, 3, Nizhny Novgorod 603950, Russia, dmitry.molkov71@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

С момента открытия антибактериальные вещества широко применяются в медицине и сельском хозяйстве. Антибиотики используются в животноводстве для лечения и профилактики заболеваний, а также в качестве стимуляторов роста. В терапевтических целях антибактериальные препараты обычно применяются в дозах и курсами, предписанными их производителями. Для стимуляции роста их вводят в организм животного в течение длительного периода времени, а для профилактики – в малых дозах [1, 2, 3, 4]. Более частое использование антибиотиков и их неправильное назначение оказывают селективное давление на клинически значимые бактерии, что является причиной развития устойчивости к противомикробным препаратам. Это усложняет лечение вызываемых ими заболеваний и делает неэффективными антимикробные препараты первого ряда, что приводит к чрезмерному использованию антибактериальных средств второго и третьего ряда [4, 5]. Кроме того, применение антибиотиков ведет к накоплению их в сельскохозяйственной продукции, вместе с которой они могут попасть в организм человека [6, 7]. Также присутствие антибиотиков в молоке снижает его производственные качества, препятствуя ферментации бактериальными культурами при производстве кисломолочных продуктов и сыра [8]. Антибиотики могут попадать в водные и наземные экосистемы со сточными водами с ферм [9]. Пристальное внимание ученых и практиков к проблеме устойчивости к противомикробным препаратам способствовало принятию на глобальном и национальном уровнях документов, направленных на рационализацию использования антибиотиков. Например, в 2017 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала классификацию антибиотиков, которая призвана упорядочить их использование для лечения. Все антибиотики были разделены на три группы: доступные (Access), контролируемые (Watch) и резервные (Reserve) [10].

В нашей стране в 2017 г. была утверждена Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года, которая направлена на предупреждение и ограничение распространения устойчивости микроорганизмов к противомикробным препаратам, а также на информирование и повышение уровня знаний врачей и ветеринарных специалистов по данным вопросам [11]. Кроме того, российские национальные стандарты не допускают наличия антибио-

тиков в молоке и мясе крупного рогатого скота [12]. Несмотря на имеющиеся различные нормативные документы, в молоке и говядине иногда обнаруживаются остаточные количества антибактериальных препаратов, что свидетельствует об их бесконтрольном применении на животноводческих фермах.

Чтобы понять риски для здоровья животных и человека, связанные с использованием антибиотиков в лечебных и профилактических целях в молочном скотоводстве, важно определить условия и мотивацию применения антимикробных препаратов на фермах. Поэтому в настоящее время принимаются глобальные усилия по оценке осведомленности населения, врачей и ветеринарных специалистов о применении антибиотиков и устойчивости к противомикробным препаратам. В 2015 г. ВОЗ разработала вопросник для оценки осведомленности и поведения населения, связанного с использованием антибиотиков [13]. В нескольких европейских и азиатских странах были проведены исследования с использованием анкеты и интервью среди населения, врачей и ветеринаров [14]. Подобные исследования являются частью системы мониторинга и оценки знаний об устойчивости к противомикробным препаратам.

В России аналогичные изыскания с опросом ветеринарных врачей, работающих с продуктивными животными, не проводились. Понимание точки зрения ветеринарных врачей относительно антимикробной резистентности и информации об объеме их знаний по данной теме необходимы для пересмотра планов по рациональному использованию противомикробных препаратов в области животноводства. Поэтому данное исследование было проведено среди ветеринаров животноводческих ферм с целью оценки их практических и теоретических знаний о применении антибиотиков и возникновении резистентности при их применении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Область исследования. Исследование проводилось в Нижегородской области, где развито молочное и мясное скотоводство, птицеводство и свиноводство. Всего в регионе 383 животноводческих хозяйства промышленного типа, из них 345 молочных с общим поголовьем 243,4 тыс. голов крупного рогатого скота, в том числе 104,3 тыс. коров (с учетом нетелей и мясных коров). Средний удой на одну молочную корову составляет 7306,0 кг молока в год, а общий удой – 536,9 млн кг в год. Потребление молока и молочных

продуктов на одного человека составляет 289,2 кг в год, а на все население области – 890,7 млн кг в год, что на 65,9% больше, чем производится [15].

Анкетный опрос. Сотрудниками Нижегородского научно-исследовательского ветеринарного института – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» с помощью сервиса «Яндекс Формы» (<https://forms.yandex.ru/u/6800be6084227c3e18e6892c>) был

разработан инструмент исследования (анкета) для проведения онлайн-опроса и сбора информации о применении антибиотиков в животноводческих хозяйствах. Анкетный опрос был проведен авторами среди 44 ветеринарных врачей, обслуживающих молочные фермы в 12 районах и городских округах Нижегородской области. Кроме того, сотрудники Комитета ветеринарии Нижегородской области в устной форме проинформировали ветеринарных врачей о проведении онлайн-опроса и цели исследования, дав гарантии полной анонимности ответов. К участникам опроса не применялись никакие критерии исключения.

Содержание анкеты. Вопросы анкеты позволили получить информацию о животноводческой отрасли и количестве животных, обслуживаемых конкретным ветеринарным врачом, о целях и мотивах применения антибактериальных препаратов на практике, их видах и фармакологических группах, о половозрастной структуре животных, которым они назначаются, при каких симптомах и заболеваниях. Также вопросы касались методов введения данных препаратов, регистрации их применения и оценки чувствительности микроорганизмов к антибиотикам. Заключительные вопросы были направлены на выяснение мнения ветеринарных врачей о проблеме устойчивости бактерий к антибактериальным препаратам, вероятности сокращения или отказа от использования антибиотиков.

Анализ данных. Для последующего анализа использовались только те анкеты, которые содержали ответы на вопросы с одним или несколькими вариантами ответов. Анализ собранных данных опроса проводился с помощью свободного программного обеспечения R (версия 4.3.1, доступна на сайте <https://www.r-project.org>). При обработке данных использовались методы анализа категориальных данных, а также расчет процентного распределения с помощью функции «таблица» в сочетании с функцией `prop.table`. Статистическая значимость оценивалась на основе p -значения (p -value): если оно было меньше 0,05, это свидетельствовало о статистической значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате опроса было установлено, что 90,0% ветеринарных специалистов ведут амбулаторный журнал, где фиксируют записи о лечении антибиотиками, которые можно проверить.

Далее были проанализированы причины использования антибактериальных препаратов (рис. 1) и установлено, что 63,0% респондентов используют антибиотики для лечения больных животных, 21,0% – для обеспечения рентабельности животноводства и 16,0% – для профилактики заболеваний. Большинство ветеринарных специалистов (34,4%) применяли антибактериальные препараты в соответствии со стандартной схемой лечения, 28,6% – на основании рекомендаций производителя, указанных в инструкции по применению препарата, 14,3% респондентов назначали препараты после изучения справочной информации из литературы или интернета и на основании антибиотикограммы, 6,0% – по рекомендации коллег и только 2,4% – по информации из рекламы производителя (поставщика).

По результатам опроса было установлено (рис. 2А), что чаще всего антибактериальные препараты применяли для лечения органов репродуктивной системы самок (22,1%), органов дыхания (21,4%) и молочной железы (19,0%). Кроме того, 11,3% респондентов использовали данные препараты при заболеваниях органов пищеварения, 10,1% – при лихорадке, 9,5% – при заболеваниях суставов и мышц (вывихах, абсцессах, бурситах) и 4,2% – при травмах. Небольшое количество респондентов использовали антибактериальные препараты для лечения кожных заболеваний (1,8%) и органов репродуктивной системы самцов (0,6%).



Рис. 1. Факторы, способствующие использованию антибиотиков: (А) цель применения; (В) основания для назначения

Fig. 1. Factors contributing to use of antibiotics: (A) purpose of use; (B) grounds for prescription

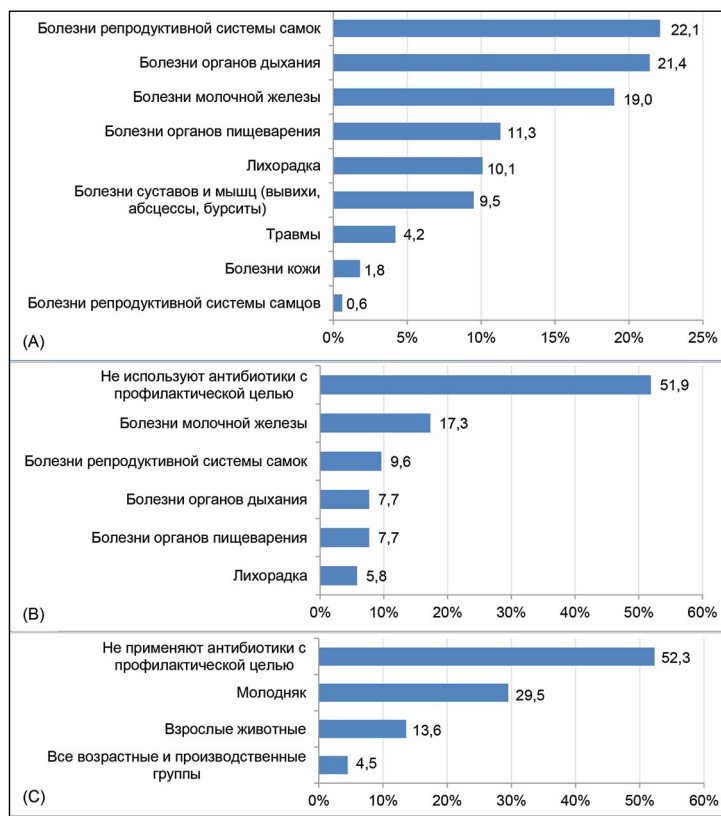


Рис. 2. Использование антибиотиков: (А) для лечения заболеваний органов и систем; (В) для профилактики заболеваний органов и систем; (С) с профилактической целью по группам животных. (Допускалось несколько вариантов ответа.)

Fig. 2. Use of antibiotics: (A) for treating diseases in organs and systems; (B) for disease prevention in organs and systems; (C) for prevention purposes in animal groups. (Multiple responses allowed.)

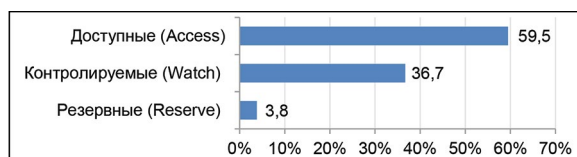


Рис. 3. Антибактериальные препараты групп Access, Watch, Reserve, применяемые для лечения животных в хозяйствах Нижегородской области

Fig. 3. Antibacterials of the Access, Watch, and Reserve groups used for livestock treatment on farms in Nizhny Novgorod Oblast

Чуть больше половины опрошенных ветеринарных специалистов (51,9%) не использовали антибиотики с профилактической целью (рис. 2B). Остальные их применяли для профилактики заболеваний молочной железы (17,3%) и репродуктивной системы самок (9,6%), органов дыхания и пищеварения (по 7,7%), а также лихорадки (5,8%).

Более половины ветеринарных специалистов Нижегородской области (52,3%) не назначали антибактериальные препараты ни одной группе животных, 29,5% респондентов назначали их молодняку, 13,6% – взрослым животным и только 4,5% использовали данные препараты с профилактической целью во всех возрастных и производственных группах (рис. 2C).

Антибиотики (по классификации AWaRe) из группы Access (доступные) применяли 59,5% ветеринарных врачей (рис. 3). В частности, они использовали пенициллины, пенициллины с ингибиторами β -лактамазы, ампициллины и амоксициллины, тетрациклины (окситетрациклин, Нитокс® и др.), цефалоспорины 1-го поколения (цефалоридин, цефалотин, цефепим, цефтриаксон, цефотим, цефсулодин, цефокситин), цефалоспорины 2-го поколения (цефуроксим, цефаклор, цефамандол, цефотам, цефотаксим, цефоперазон, цефтриаксон, цефтибутен, цефтазидим, цефиксим, цефподоксим, цефодизим, цефетамет), фторхинолоны (ципрофлоксацин, норфлоксацин, офлоксацин, пефлоксацин, ломефлоксацин, спарфлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин, гемифлоксацин, гатифлоксацин, ситафлоксацин, тровафлоксацин, делафлоксацин, энрофлоксацин: Энрофлон®, Энрофлокс, Энроксил®, Рэнровет, Iroflox, Байтрил, Энрофарм, Энросепт и др.), макролиды (тилозин, Фармазин®, Тилан, Тиланик, Дизпаркол, Драксин, Флоритил, Эндометрамаг-Т®, Спировим, Пульмотил®, Акватил, Айвлозин® и др.) и рифамицины (рифампицин, Рифациклин, Рифапол и др.).

Антибактериальные препараты группы Watch (контролируемые) использовались 36,7% ветеринарных врачей. Эта группа была представлена такими препаратами, как цефалоспорины 2-го поколения (цефуроксим, цефаклор, цефамандол, цефотам, цефотаксим, цефоперазон, цефтриаксон, цефтибутен, цефтазидим, цефиксим, цефподоксим, цефодизим, цефетамет), фторхинолоны (ципрофлоксацин, норфлоксацин, офлоксацин, пефлоксацин, ломефлоксацин, спарфлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин, гемифлоксацин, гатифлоксацин, ситафлоксацин, тровафлоксацин, делафлоксацин, энрофлоксацин: Энрофлон®, Энрофлокс, Энроксил®, Рэнровет, Iroflox, Байтрил, Энрофарм, Энросепт и др.), макролиды (тилозин, Фармазин®, Тилан, Тиланик, Дизпаркол, Драксин, Флоритил, Эндометрамаг-Т®, Спировим, Пульмотил®, Акватил, Айвлозин® и др.) и рифамицины (рифампицин, Рифациклин, Рифапол и др.).

Использование резервных антибиотиков было минимальным – 3,8%, среди них цефалоспорины 4-го поколения (цефпиром, цефепим), цефалоспорины 5-го поколения (цефтобипрол, цефтаролин, цефтолозан), полимиксины (полимиксин М, полимиксин В).

Большинство опрошенных ветеринарных специалистов чаще всего применяли антибактериальные препараты в переходные периоды года: 46,1% – весной и 35,2% – осенью. Это объясняется тем, что это время является одним из самых сложных этапов производственного цикла скота молочного направления и его потомства, так как основной проблемой после отела у коров является нестабильность

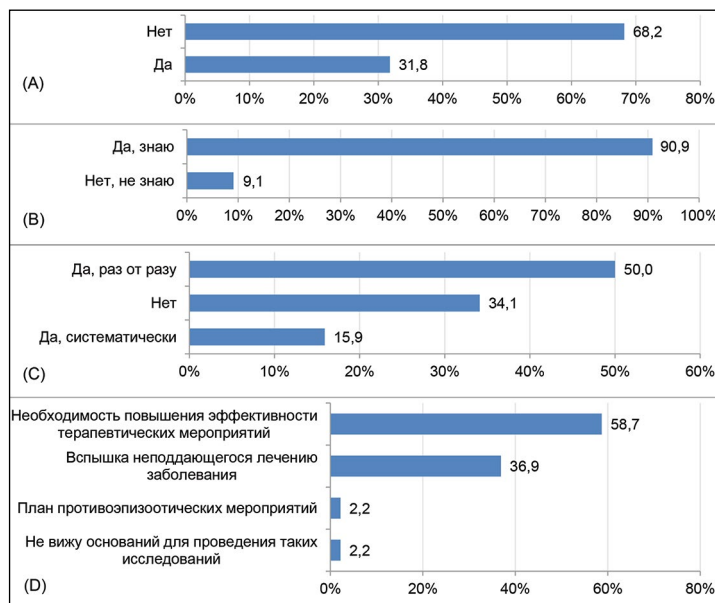


Рис. 4. Анализ информированности об антибиотикорезистентности: (A) Проходили ли вы когда-нибудь анкетирование по вопросам предупреждения антибиотикорезистентности? (B) Знаете ли вы о проблеме устойчивости бактерий к антибиотикам? (C) Проводите ли вы лабораторные исследования по определению чувствительности микроорганизмов к антибиотикам? (D) В каких случаях вы проводите исследования по определению чувствительности микроорганизмов к антибиотикам (допускалось несколько вариантов ответа)?

Fig. 4. Antibiotic resistance awareness analysis: (A) Have you ever participated in a survey regarding the prevention of antimicrobial resistance? (B) Are you aware of the issue of bacterial resistance to antibiotics? (C) Do you perform laboratory tests to determine the sensitivity of microorganisms to antibiotics? (D) In which cases do you conduct antibiotic sensitivity testing (multiple responses allowed)?

между резервами организма и потребностями в питательных веществах для производства молока. Резкое повышение уровня метаболизма, связанное с родами и началом лактации, приводит к большей подверженности стрессу, что способствует возникновению различных расстройств у коров и даже у телят.

Проблема антибиотикорезистентности очень актуальна, поэтому часть вопросов анкеты была посвящена этой теме. Выяснилось, что 90,9% опрошенных ветеринарных специалистов знают о проблеме устойчивости микроорганизмов к антибактериальным препаратам, 9,1% ответили, что не знают. По поводу профилактики антибиотикорезистентности было опрошено 68,2% респондентов, соответственно, 31,8% не были опрошены. Только 15,9% ветеринарных специалистов определяют чувствительность микроорганизмов к антибиотикам, 50,0% респондентов выполняют исследования по выявлению резистентности время от времени, а 34,1% специалистов вообще не проводят такие тесты.

Для специалистов, проводящих тестирование на чувствительность к антибиотикам, причиной проведения таких исследований в большинстве случаев (58,7%) является необходимость повышения эффективности лечебных мероприятий, в 36,9% случаев – вспышка заболевания, не поддающегося лечению, в 2,2% случаев – выполнение плана противоэпизоотических мероприятий, в 2,2% случаев респонденты не видят оснований для проведения вышеупомянутых исследований (рис. 4).

При изучении условий возможного сокращения применения антибиотиков в будущем выяснили, что большинство опрошенных (47,1%) считают, что этому будет способствовать использование вакцин и сывороток, 41,1% – проведение

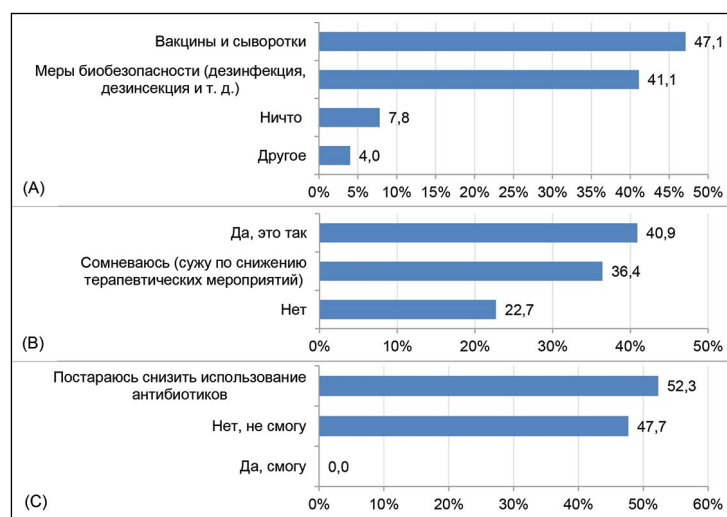


Рис. 5. Анализ условий для сокращения использования антибиотиков в будущем: (A) Что, по вашему мнению, приведет к сокращению использования антибиотиков (допускалось несколько вариантов ответа)? (B) Считаете ли, что некоторые антибиотики, которые вы используете для лечения животных, стали неэффективными (возникла резистентность)? (C) Сможете ли вы в обозримой перспективе полностью отказаться от использования антибиотиков в своей практике?

Fig. 5. Analysis of factors reducing future use of antibiotics: (A) In your opinion, what factors would lead to a reduction in antibiotic use (multiple responses allowed)? (B) Do you believe that some antibiotics you use for livestock treatment have become ineffective (due to the development of resistance)? (C) Will you be able to completely stop using antibiotics in your practice in the foreseeable future?



Рис. 6. Анализ информации о применении антибактериальных препаратов ветеринарными специалистами Нижегородской области: (A) Ставило ли руководство перед вами задачу сократить использование антибиотиков для животных? (B) Какова причина сокращения или полного отказа от использования антибиотиков (допускалось несколько вариантов ответа)?

Fig. 6. Analysis of information on the use of antibacterials by veterinary specialists in Nizhny Novgorod Oblast: (A) Has management set a goal for you to reduce the use of antibiotics in animals? (B) What is the reason for the reduction or complete cessation of antibiotic use (multiple responses allowed)?

ветеринарно-санитарных мероприятий (дезинфекция, дезинсекция и дератизация), 4,0% предложили другие варианты (соблюдение правил кормления и содержания животных) и 7,8% специалистов заявили, что нет оснований для сокращения объема и изменения стратегии применения антибиотиков (рис. 5A).

Большинство ветеринарных специалистов (40,9%) считают, что применяемые для животных антибиотики становятся неэффективными, то есть микроорганизмы вырабатывают к ним устойчивость (по результатам лабораторных исследований), 36,4% опрошенных сомневаются в этом (судят по снижению эффективности лечебных мероприятий) и 22,7% респондентов считают, что устойчивость к антимикробным препаратам не развивается (рис. 5B).

Полностью отказаться от применения антибактериальных препаратов не сможет никто из опрошенных: 47,7% респондентов точно не откажутся от их использования, а 52,3% считают, что могут сократить применение антибиотиков (рис. 5C).

Анализируя информацию об осведомленности о рекомендациях по применению антибиотиков, выяснили, что в половине случаев респондентам (50,0%) задача снижения применения антибиотиков у животных не ставилась, 31,8% ветеринарных врачей были проинструктированы руководством хозяйства, а 18,2% респондентов – районным ветеринарным управлением.

Анализ причин отказа или сокращения применения антибиотиков в молочном животноводстве показал, что большинство опрошенных ветеринарных врачей (68,0%) ограничивают их применение в связи с контролем их остаточного содержания в молоке и мясе, 26,0% специалистов связывают причину отказа с развитием резистентности микроорганизмов, 2,0% – с распоряжением руководства хозяйства и 4,0% считают, что оснований для сокращения или полного отказа от применения антибиотиков в молочном животноводстве нет (рис. 6).

Это первое в России документированное исследование, в котором приняли участие только ветеринарные врачи, работающие на молочных фермах. Опрос показал, что 100,0% специалистов Нижегородской области используют антибиотики в своей практике. При этом 59,5% ветеринаров назначали антибиотики из группы Access (доступные), 36,7% – из группы Watch (контролируемые), а применение антибиотиков из группы Reserve (резервные) было минимальным (3,8%). Ветеринарные врачи Нижегородской области не использовали препараты из группы «не рекомендованные». Наиболее часто назначаемыми антибиотиками были тетрациклины (12,4%), макролиды (12,4%) и цефалоспорины 3-го поколения (10,0%). Полученные сведения схожи с данными по использованию антибиотиков в европейских странах. Например, в Швеции антибиотики из группы Access, особенно пенициллины, применялись значительно чаще, чем другие (84,0%). Об использовании антибиотиков из группы Watch чаще сообщалось в Германии (42,0%), в то время как в Швеции препараты этой группы не применялись [16].

Более трети опрошенных нами ветеринарных врачей (34,4%) назначают антибиотики на основании стандартной схемы лечения, 28,6% – на основании рекомендаций производителя. Только 14,3% основывают свой выбор препарата на результатах лабораторных исследований чувствительности к антибактериальным препаратам микрофлоры, циркулирующей в стаде. Предположим, что важным фактором при выборе антибактериального препарата может быть его стоимость.

Данные других исследователей свидетельствуют о том, что антибиотики чаще всего используются для лечения инфекционных заболеваний у коров (мастит, эндометрит) и молодняка (респираторные и пищеварительные заболевания) [17].

Наши результаты показывают, что наиболее часто ветеринарные специалисты используют антимикробные препараты для лечения болезней репродуктивных органов самок (22,1%), органов дыхания (21,4%) и молочной железы (19,0%).

Профилактическое применение антибиотиков также очень распространено во всем мире [18]. Исследователи считают, что использование антибиотиков с профилактической целью имеет как преимущества, так и недостатки. Основным преимуществом является сохранение максимального количества здоровых животных, а риск заключается в том, что использование антимикробных препаратов приводит к появлению устойчивых штаммов и серотипов бактерий, которые в конечном итоге могут попасть в организм человека [18, 19]. Наиболее благоприятным временем для антибиотикотерапии мастита у коров является сухостойный период [17], поэтому 17,3% опрошенных ветеринарных врачей назначают антибиотики для профилактики мастита именно в этот промежуток времени. После отела наступает период доения и выпойки телят. В то время, когда молоко не поступает на перерабатывающие предприятия и нет риска возврата партии молока, проводится лечение и профилактика заболеваний матки и родового канала. Наши результаты показывают, что антимикробные препараты используются для лечения и профилактики инфекций репродуктивных органов коров в 22,1 и 9,6% случаев соответственно. Однако это приводит к выделению остаточных количеств препарата с молоком, которое выпивается телатам.

Телята – наиболее подверженная заболеваниям группа животных на молочных фермах. В первые недели жизни высок риск развития заболеваний органов пищеварения, а в первые 2–3 месяца – органов дыхания [20]. Поэтому в отношении данной группы животных проводятся различные лечебно-профилактические мероприятия, которые могут включать применение антибиотиков. Ранее нами было продемонстрировано [21], что 21,4 и 11,3% ветеринарных врачей используют антибактериальные препараты для лечения заболеваний органов дыхания и пищеварения, при этом с профилактической целью антибиотики применяют чаще всего именно молодняку (в 29,5% случаев), в частности, 7,7% респондентов сознательно делают это для профилактики заболеваний органов пищеварения и дыхания.

Как видно, антибактериальные препараты целенаправленно широко используются в молочном скотоводстве для повышения эффективности лечебных мероприятий или профилактики заболеваний. Половина (50,0%) опрошенных ветеринарных врачей не ставили перед собой задачу сократить применение антибиотиков. При этом контроль за формированием антибиотикорезистентности у микрофлоры, циркулирующей в стадах, слабый: только 15,9% ветеринарных врачей регулярно определяют чувствительность выделенных микроорганизмов к противобактериальным средствам, а треть не делает этого никогда. Значительная часть (47,7%) ветеринаров сообщают, что никогда не откажутся от использования антибиотиков, хотя и знают о проблеме устойчивости к противомикробным препаратам. Таким образом, несмотря на осведомленность о проблеме, на уровне ферм и хозяйств не существует ограничений на применение антибактериальных средств.

Существует ряд факторов, ограничивающих использование антибиотиков, например административные или отраслевые ограничения на применение антибактериальных препаратов. Так, Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает несколько основных направлений, таких как информирование населения о применении противомикробных препаратов и проблемах устойчивости к ним, повышение уровня подготовки

и информированности врачей и ветеринарных специалистов по вопросам, связанным с устойчивостью к противомикробным препаратам [11]. В результате анкетного опроса было выяснено, что 68,0% ветеринарных врачей ограничивают использование антибиотиков только из-за контроля их наличия в сыром молоке молокозаводами. Таким образом, важным производственным фактором, сдерживающим применение антибактериальных препаратов, является ГОСТ 31449-2013 Молоко коровье сырое. Технические условия¹, который не допускает наличия в молоке остаточных количеств антибиотиков, при их обнаружении хозяйства несут убытки. Несмотря на это, только 26,0% опрошенных ветеринарных врачей, осознавая значимость проблемы устойчивости к антимикробным препаратам, сокращают применение антибиотиков у коров и телят. Такое отношение ветеринаров к данной проблеме способствует формированию антимикробной резистентности и распространению устойчивых микроорганизмов по пищевой цепи, создавая риск возникновения не поддающихся лечению бактериальных инфекций у животных и человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование антибиотиков в молочном скотоводстве Нижегородской области носит массовый характер. Антибактериальные препараты включены в протоколы лечения большинства распространенных заболеваний молочных коров и телят, а также используются в профилактических целях. Это способствует формированию антибиотикорезистентности у бактерий на фермах и распространению за их пределы устойчивых штаммов с сырым молоком. Единственным инструментом сдерживания использования антибиотиков является контроль их содержания в сыром молоке со стороны молокозаводов. Однако идея сознательного отказа от использования антибиотиков не имеет широкой поддержки среди ветеринарных врачей, что диктует необходимость дальнейшего регулирования в данной сфере и просвещения ветеринарных специалистов и менеджмента хозяйств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Crawford L. M., Teske R. H. Growth promotants approved in the U. S. *Veterinary Research Communications*. 1983; 7: 83–84. <https://doi.org/10.1007/BF02228600>
2. Droumev D. Review of antimicrobial growth promoting agents available. *Veterinary Research Communications*. 1983; 7: 85–99. <https://doi.org/10.1007/BF02228601>
3. БелАгроГен. Использование антибиотиков для профилактики болезней животных. <https://www.belagro.gen.by/inform/blog/150-ispolzovanie-antibiotikov-dlya-profilaktiki-boleznej-zhivotnykh.html>
4. Sawant A. A., Sordillo L. M., Jayarao B. M. A survey on antibiotic usage in dairy herds in Pennsylvania. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88 (8): 2991–2999. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72979-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72979-9)
5. Wemette M., Greiner Safi A., Wolverton A. K., Beauvais W., Shapiro M., Moroni P., et al. Public perceptions of antibiotic use on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104 (3): 2807–2821. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17673>
6. Robles-Jimenez L. E., Aranda-Aguirre E., Castelan-Ortega O. A., Shettino-Bermudez B. S., Ortiz-Salinas R., Miranda M., et al. Worldwide traceability of antibiotic residues from livestock in wastewater and soil: a systematic review. *Animals*. 2021; 12 (1):60. <https://doi.org/10.3390/ani12010060>
7. Gombo T. R., Sapkota R., Subedi M., Koirala P., Bhatta D. D. Monitoring of antibiotic residues in chicken meat, cow and buffalo milk samples in Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2020; 8 (3): 355–362. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v8i3.31314>
8. Экологическая безопасность молочных продуктов для детей. Миграция антибиотиков в молоко. https://vuzlit.com/633229/migratsiya_antibiotikov_moloko
9. Okoye C. O., Nyaruaba R., Ita R. E., Okon S. U., Addey C. I., Ebido C. C., et al. Antibiotic resistance in the aquatic environment: analytical techniques and interactive impact of emerging contaminants. *Environmental*

¹ <https://docs.cntd.ru/document/1200102731>

Toxicology and Pharmacology. 2022; 96:103995. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103995>

10. Новый инструмент ВОЗ: классификация антибиотиков «AWaRe». <https://www.antibiotics-chemotherapy.ru/jour/announcement/view/380>

11. Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.09.2017. № 2045-п. <http://static.government.ru/media/files/onJ3GY3ObDGqLDvRE-D7AhpLF3ywRRFpp.pdf>

12. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции: утв. решением Комиссии Таможенного союза 09.12.2011 № 880. <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

13. WHO. Antibiotic resistance: Multi-country public awareness survey. https://antimicrob.net/wp-content/uploads/WHO-2015_AB-resistance-multi-country-public-awareness-survey_engl.pdf

14. Wongsuvan G., Wuthiekanun V., Hinjoy S., Day N. P., Limmathurotsakul D. Antibiotic use in poultry: a survey of eight farms in Thailand. *Bulletin of the World Health Organization*. 2018; 96 (2): 94–100. <https://doi.org/10.2471/blt.17.195834>

15. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области. <https://52.rosstat.gov.ru>

16. De Briyne N., Atkinson J., Borriello S. P., Pokludová L. Antibiotics used most commonly to treat animals in Europe. *Veterinary Record*. 2014; 175 (13):325. <https://doi.org/10.1136/vr.102462>

17. Белобороденко М. А., Белобороденко Т. А., Белобороденко А. М., Белобороденко Д. Ф., Дёмкина А. В., Губский В. И. и др. Профилактика репродуктивных расстройств у коров. *Ветеринария Кубани*. 2016; (2): 10–12. <https://elibrary.ru/vubrol>

18. Ajose D. J., Oluwarinde B. O., Abolarinwa T. O., Fri J., Montso K. P., Fayemi O. E., et al. Combating bovine mastitis in the dairy sector in an era of antimicrobial resistance: ethno-veterinary medicinal option as a viable alternative approach. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:800322. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.800322>

19. Schmerold I., van Geijlswijk I., Gehring R. European regulations on the use of antibiotics in veterinary medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2023; 189:106473. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2023.106473>

20. Сидоркин В. А., Якунин К. А., Клищенко О. А. Комплексный подход к профилактике и лечению эндометрита у коров. *VetLek. 4 февраля 2015 г.* <https://www.vetlek.ru/articles/?id=108>

21. Блохин А. А., Овсянко Т. В., Захарова О. И., Яшин И. В., Лискова Е. А., Бурова О. А. Применение антимикробных препаратов молодняку молочных коров. *Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» (Витебск, 4–6 ноября 2024 г.)*. Витебск: ВГАВМ; 2024; 37–41. <https://elibrary.ru/poviom>

REFERENCES

1. Crawford L. M., Teske R. H. Growth promotants approved in the U. S. *Veterinary Research Communications*. 1983; 7: 83–84. <https://doi.org/10.1007/BF02228600>

2. Droumev D. Review of antimicrobial growth promoting agents available. *Veterinary Research Communications*. 1983; 7: 85–99. <https://doi.org/10.1007/BF02228601>

3. BelAgroGen. The use of antibiotics to prevent animal diseases. <https://www.belagrogen.by/inform/blog/150-ispolzovanie-antibiotikov-dlya-profilaktiki-boleznej-zhivotnykh.html> (in Russ.)

4. Sawant A. A., Sordillo L. M., Jayarao B. M. A survey on antibiotic usage in dairy herds in Pennsylvania. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88 (8): 2991–2999. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72979-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72979-9)

5. Wemette M., Greiner Safi A., Wolverton A. K., Beauvais W., Shapiro M., Moroni P., et al. Public perceptions of antibiotic use on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104 (3): 2807–2821. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17673>

6. Robles-Jimenez L. E., Aranda-Aguirre E., Castelan-Ortega O. A., Shettino-Bermudez B. S., Ortiz-Salinas R., Miranda M., et al. Worldwide traceability of antibiotic residues from livestock in wastewater and soil: a systematic review. *Animals*. 2021; 12 (1):60. <https://doi.org/10.3390/ani12010060>

7. Gombo T. R., Sapkota R., Subedi M., Koirala P., Bhatta D. D. Monitoring of antibiotic residues in chicken meat, cow and buffalo milk samples in Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2020; 8 (3): 355–362. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v8i3.31314>

8. Environmental safety of dairy products for children. Antibiotic migration into milk. https://vuzlit.com/633229/migratsiya_antibiotikov_moloko (in Russ.)

9. Okoye C. O., Nyaruaba R., Ita R. E., Okon S. U., Addey C. I., Ebido C. C., et al. Antibiotic resistance in the aquatic environment: analytical techniques and interactive impact of emerging contaminants. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2022; 96:103995. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103995>

10. A new WHO tool: The AWaRe classification of antibiotics. <https://www.antibiotics-chemotherapy.ru/jour/announcement/view/380> (in Russ.)

11. Strategy for preventing the spread of antimicrobial resistance in the Russian Federation for the period up to 2030: approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 2045-r of September 25, 2017. <http://static.government.ru/media/files/onJ3GY3ObDGqLDvRE-D7AhpLF3ywRRFpp.pdf> (in Russ.)

12. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011. On food safety: Approved by the decision of the Commission of the Customs Union on December 9, 2011 No. 880. <https://www.eurexcert.com/TRCUpdf/TRCU-0021-On-food-safety.pdf>

13. WHO. Antibiotic resistance: Multi-country public awareness survey. https://antimicrob.net/wp-content/uploads/WHO-2015_AB-resistance-multi-country-public-awareness-survey_engl.pdf

14. Wongsuvan G., Wuthiekanun V., Hinjoy S., Day N. P., Limmathurotsakul D. Antibiotic use in poultry: a survey of eight farms in Thailand. *Bulletin of the World Health Organization*. 2018; 96 (2): 94–100. <https://doi.org/10.2471/blt.17.195834>

15. Federal State Statistics Service regional office of Nizhny Novgorod Oblast. <https://52.rosstat.gov.ru/> (in Russ.)

16. De Briyne N., Atkinson J., Borriello S. P., Pokludová L. Antibiotics used most commonly to treat animals in Europe. *Veterinary Record*. 2014; 175 (13):325. <https://doi.org/10.1136/vr.102462>

17. Beloborodenko M. A., Beloborodenko T. A., Beloborodenko A. M., Beloborodenko D. F., Demkina A. V., Gubskiy V. I., et al. Prevention of reproductive disorders in cows. *Veterinaria Kubani*. 2016; (2): 10–12. <https://elibrary.ru/vubrol> (in Russ.)

18. Ajose D. J., Oluwarinde B. O., Abolarinwa T. O., Fri J., Montso K. P., Fayemi O. E., et al. Combating bovine mastitis in the dairy sector in an era of antimicrobial resistance: ethno-veterinary medicinal option as a viable alternative approach. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:800322. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.800322>

19. Schmerold I., van Geijlswijk I., Gehring R. European regulations on the use of antibiotics in veterinary medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2023; 189:106473. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2023.106473>

20. Sidorkin V. A., Yakunin K. A., Klishchenko O. A. A comprehensive approach to the prevention and treatment of endometritis in cows. *VetLek. February 4, 2015*. <https://www.vetlek.ru/articles/?id=108> (in Russ.)

21. Blokhin A. A., Ovsyukhno T. V., Zakharova O. I., Yashin I. V., Liskova E. A., Burova O. A. Use of antimicrobials in young dairy cows. *Current Issues of the Treatment and Prevention of Diseases in Young Animals: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th Anniversary of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, holder of the Order of the Badge of Honour) (Vitebsk, November 4–6, 2024)*. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine; 2024; 37–41. <https://elibrary.ru/poviom> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 09.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.10.2025

Принята к публикации / Accepted 19.02.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Овсяugno Татьяна Владимировна, канд. вет. наук, доцент, заместитель руководителя группы, лаборатория эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7544-0105>, dmitry.molkov71@yandex.ru

Tatiana V. Ovsyukhno, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Deputy Head of the Group, Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7544-0105>, dmitry.molkov71@yandex.ru

Бурова Ольга Александровна, заместитель руководителя группы, лаборатория эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, burovaolga@list.ru

Olga A. Burova, Deputy Head of the Group, Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, burovaolga@list.ru

Яшин Иван Вячеславович, канд. биол. наук, директор ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7359-2041>, ivanyashin@yandex.ru

Ivan V. Yashin, Cand. Sci. (Biology), Director, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7359-2041>, ivanyashin@yandex.ru

Широкова Екатерина Алексеевна, заместитель руководителя группы, лаборатория эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6252-5158>, ekashirokova@yandex.ru

Ekaterina A. Shirokova, Deputy Head of the Group, Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6252-5158>, ekashirokova@yandex.ru

Демидова Татьяна Николаевна, канд. вет. наук, заместитель руководителя группы, лаборатория эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4866-0636>, demidovat@bk.ru

Tatiana N. Demidova, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Deputy Head of the Group, Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4866-0636>, demidovat@bk.ru

Блохин Андрей Александрович, канд. вет. наук, заведующий лабораторией эпизоотологии и биоинформатики ННИВИ – филиала ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>, and.bloxin2010@yandex.ru

Andrey A. Blokhin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Laboratory of Epizootology and Bioinformatics, Nizhny Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5161-1184>, and.bloxin2010@yandex.ru

Вклад авторов: Овсяugno Т. В. – концепция исследования, анализ и интерпретация данных, составление черновика рукописи; Бурова О. А. – подготовка текста; Яшин И. В. – разработка методологии, ресурсное обеспечение; Широкова Е. А. – подготовка и создание рисунков, проведение статистического анализа; Демидова Т. Н. – разработка методологии; Блохин А. А. – концепция представления материалов, ресурсное обеспечение исследования, утверждение окончательного варианта.

Contribution of the authors: Ovsyukhno T. V. – research concept, data analysis and interpretation, drafting the manuscript; Burova O. A. – text preparation; Yashin I. V. – methodology development, resource provision for the work; Shirokova E. A. – preparation and creation of figures, statistical analysis; Demidova T. N. – methodology development; Blokhin A. A. – concept of material presentation, resource provision for the work, approval of the final version.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-54-59>
УДК 619:616.995.132:636.293.3:616.9-022.39



Телязиоз яков в Оренбургской области: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) как переносчик и *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) как возбудитель инвазии

Е. Н. Кузьмина

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ОФИЦ УрО РАН), ул. Пионерская, 11, г. Оренбург, 460000, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Телязиоз остается широко распространенным трансмиссивным паразитарным зоонозом как на территории Российской Федерации, так и в мире. Заболевания телязиозом яков изучены недостаточно, имеющиеся сведения фрагментарны. Клинический случай телязиоза яков в Оренбургской области описывается впервые и представляет собой большой интерес для широкого круга специалистов.

Цель исследования. Анализ и описание клинического случая телязиоза яков в Оренбургской области, изучение возбудителя и переносчика данного инвазионного заболевания.

Материалы и методы. Исследования, проведенные в 2021–2023 гг. в степном стационаре Института степи Уральского отделения Российской академии наук в Беляевском районе Оренбургской области, включали клинический осмотр, оценку патологических процессов и степени воспалительных процессов глаз и конъюнктивы яков. Произведен отлов с области глаз и учет паразитических двукрылых мух-секретофагов, определены их количественные, видовые и половые характеристики. Проведена гельминтоскопия, видовая принадлежность обнаруженных нематод установлена морфологически.

Результаты. Клинически телязиоз яков проявлялся в обильном слезотечении и рецидивирующем кератоконъюнктивите. Экстенсивность инвазии составила 100%, интенсивность инвазии равнялась 5. Обнаруженные гельминты принадлежали виду *Thelazia rhodesi*. Промежуточными хозяевами и переносчиками телязий являлись факультативные гематофаги, представители синбовинной фауны мухи *Musca autumnalis*, повсеместно распространенные в степных ландшафтах Оренбургской области. Соотношение самок и самцов, снятых в области головы яков, составило 83 и 17% соответственно, что подтверждает ведущую роль самок *Musca autumnalis* как вектора передачи нематод рода *Thelazia*.

Заключение. Домашние яки в природно-климатических условиях Оренбургской области подвержены телязиозу. Течение болезни, клинические проявления, экстенсивность и интенсивность инвазии, вероятно, обусловлены процессами акклиматизации яков, которые не являются аборигенными для данной местности.

Ключевые слова: глазная инвазия, телязиоз, зооноз, яки, *Musca autumnalis*, *Thelazia rhodesi*

Благодарности: Исследование выполнено по теме государственного задания АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» на базе стационара «Оренбургская Тарпанья» Института степи ОФИЦ УрО РАН.

Для цитирования: Кузьмина Е. Н. Телязиоз яков в Оренбургской области: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) как переносчик и *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) как возбудитель инвазии. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 54–59. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-54-59>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Кузьмина Елена Николаевна, канд. биол. наук, научный сотрудник отдела ландшафтной экологии Института степи ОФИЦ УрО РАН, ул. Пионерская, 11, г. Оренбург, 460000, Россия, 2001_vet@mail.ru

Yak thelaziasis in the Orenburg Oblast: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) as a vector and *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) as the causative agent of infestation

Elena N. Kuzmina

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Pionerskaya, 11, Orenburg 460000, Russia

ABSTRACT

Introduction. Thelaziasis remains a widespread vector-borne parasitic zoonosis both within the Russian Federation and globally. Thelaziasis in yaks remains insufficiently studied, with the available data being fragmentary. It is the first time a thelaziasis clinical case in yaks from the Orenburg Oblast is described and it is of significant interest to a broad range of specialists.

Objective. Analysis and clinical case description of thelaziasis in yaks from the Orenburg Oblast, including the study of its causative agent and vector.

Materials and methods. Studies conducted from 2021 to 2023 at the steppe field station of the Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in the Belyayevsky Raion of the Orenburg Oblast included clinical examinations and assessment of pathological lesions and severity of inflammation in the eyes and conjunctiva of yaks. Parasitic secretophagous dipterans (flies) from the ocular region were collected and counted, and their abundance, species and sex ratios were determined. Helminthoscopy was performed, and the nematode species was determined morphologically.

© Кузьмина Е. Н., 2026

Results. Clinically, thelaziasis in yaks manifested as profuse lacrimation and recurrent keratoconjunctivitis. The extent of invasion (EI) was 100%, and the intensity of invasion (II) was 5. The detected helminths belonged to *Thelazia rhodesi* species. The intermediate hosts and vectors of *Thelazia* were facultative hematophages, specifically *Musca autumnalis*, a synovine fly species ubiquitous in the steppe landscapes of the Orenburg Oblast. The ratio of females to males collected from the head region of yaks was 83 and 17%, respectively, confirming the leading role of female *Musca autumnalis* as vectors of nematodes of the genus *Thelazia*.

Conclusion. Domestic yaks in the natural and climatic conditions of the Orenburg Oblast are susceptible to thelaziasis. The disease progress, its clinical manifestations, as well as extent and intensity of invasion are likely influenced by acclimatization of yaks, who are not indigenous to this region.

Keywords: ocular infection, thelaziasis, zoonosis, yaks, *Musca autumnalis*, *Thelazia rhodesi*

Acknowledgments: The study was carried out within the framework of State Assignment AAAA-A21-121011190016-1 "Problems of Steppe Nature Management in the Context of Modern Challenges: Optimizing Interaction of Natural and Socio-Economic Systems", based at the Orenburg Tarpania Field Station of the Institute of Steppe of the Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Kuzmina E. N. Yak thelaziasis in the Orenburg Oblast: *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) as a vector and *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) as the causative agent of infestation. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 54–59. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-54-59>

Conflict of interests: The author declares no conflict of interests.

For correspondence: Elena N. Kuzmina, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Pionerskaya, 11, Orenburg 460000, Russia, 2001_vet@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Телязиоз, вызываемый «глазными червями», представляет собой сезонный инвазионный кератоконъюнктивит, который распространен как в Европе (Англия, Италия, Испания, Франция, Хорватия, Сербия, Германия, Румыния, Польша), так и в Азии (Индия, Корея, Тайвань, Таиланд, Бангладеш, Монголия, Индонезия, Китай, Мьянма, Япония, Индия) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Спорадически инвазия отмечается на территории Африки, Австралии, Северной и Южной Америки [2, 10].

В Российской Федерации телязиоз крупного рогатого скота (КРС), согласно литературным источникам, встречается в Северо-Западном, Поволжском, Западно-Сибирском, Дальневосточном регионах, а также на Среднем и Южном Урале [11, 12, 13]. В Оренбургской области телязиоз КРС зарегистрирован повсеместно, возбудителем инвазии является *Thelazia rhodesi* (Desmarest, 1827) [1, 12, 14].

На данный момент описаны 16 видов *Thelazia* [10], наиболее часто встречаемые:

- *Th. callipaeda* (Railliet et Henry, 1910) – восточный глазной червь;
- *Th. californiensis* (Price, 1930) – калифорнийский глазной червь;
- *Th. gulosa* (Railliet et Henry, 1910) – глазной червь КРС;
- *Th. lacrymalis* (Gurlt, 1831) паразитирует у лошадей;
- *Th. rhodesi* (Desmarest, 1827) паразитирует у КРС;
- *Th. leesei* (Railliet et Henry, 1910);
- *Th. alfortensis* (Railliet et Henry, 1910);
- *Th. skrjabini* (Erschov, 1928);
- *Th. ershowi* (Oserskaja, 1931);
- *Th. bubalis* (Ramanujachari et Alwar, 1952);
- *Th. anolabiata* (Molin, 1860).

Нематоды рода *Thelazia* паразитируют у КРС, домашних лошадей, лошадей Пржевальского, ослов, мулов, зубров европейской популяции [2, 3, 4, 6, 7, 8, 15]. Также заболевают мелкий рогатый скот, свиньи, кошки, собаки, лисы, кролики [1, 5, 9]. В публикациях приводятся данные о заражении оленей, барсуков, обезьян и волков [10]. Описаны несколько случаев заболевания птиц [1, 2, 16].

Телязиоз яков подтвержден на территории Кабардино-Балкарской Республики. Экстенсивность инвазии (ЭИ) составила 2,7%, возбудителем заболевания были *Th. gulosa* [17, 18]. Имеются данные, что у яков могут паразитировать *Th. skrjabini* [1].

Человек также может явиться случайным хозяином *Th. californiensis*, *Th. gulosa* или *Th. callipaeda* при низких социально-экономических условиях жизни. Таким образом,

телязиоз представляет собой паразитарный зооноз, что согласуется с литературными данными [1, 10, 19, 20, 21].

Роль *Musca autumnalis* (De Geer, 1776) как промежуточного хозяина нематод рода *Thelazia* широко описана как в отечественных [11, 12, 16], так и в зарубежных литературных источниках [2, 3, 4, 10, 22].

Целью работы было исследование переносчика (*M. autumnalis*) и возбудителя (*Th. rhodezi*) телязиозной инвазии у яков в Оренбургской области. Клинический случай телязиоза яков в Оренбургской области описывается впервые и, несомненно, представляет собой большой интерес для широкого круга специалистов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе степного научного стационара «Оренбургская Тарпанья» Института степи ОФИЦ УрО РАН в Беляевском районе Оренбургской области. На этой территории собрана коллекция копытных животных – наряду с яками домашними содержатся лошади Пржевальского, тибетские полуслы кианги, двугорбые верблюды и пуховые козы.

В 2021–2023 гг. были проведены исследования яков: клинический осмотр, оценка патологических процессов и степени воспалительных процессов глаз и конъюнктивы.

Произведен отлов с области глаз и учет двукрылых паразитических мух-секретофагов, определены их количественные, видовые и половые характеристики. Отлов и учет насекомых подотряда *Brachycera Orthorrhapha* осуществлялись на протяжении всего летнего периода имаго энтомологическим сачком непосредственно на животных согласно методикам по отлову насекомых отряда *Diptera* [23]. Идентифицировали насекомых согласно ключам-определителям [24, 25, 26].

С целью обнаружения половозрелых нематод-телязий проведена гельминтоскопия методом промывания конъюнктивных полостей яков. У животных фиксировали голову, раскрывали веки и производили вымывание третьего века и конъюнктивной полости 3%-м раствором борной кислоты. Посредством резиновой спринцовки создавали сильные вымывающие струи. Далее производили сбор содержимого конъюнктивных полостей [16]. Видовая принадлежность нематод установлена морфологически.

Определены такие показатели, как экстенсивность инвазии (экстенсивность инвазии) – отношение числа зараженных животных к общему числу обследованного поголовья, выраженное в процентах, и интенсивность инвазии (интенсивность инвазии) – количество паразитов в экземплярах, обнаруженных у конкретного животного.

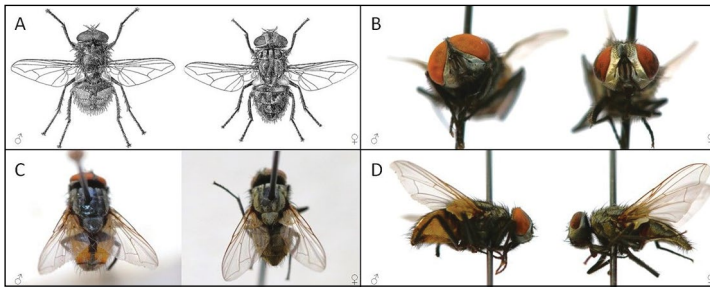


Рис. 1. *M. autumnalis*: А – дорсально, вид сверху (А. А. Штакельберг, 1956, рис. 56, с. 75); В – голова, голоптические глаза у самца и дихоптические у самки; С – дорсально, вид сверху; D – латерально

Fig. 1. *M. autumnalis*: A – dorsal view (adapted from A. A. Stackelberg, 1956, fig. 56, p. 75); B – head, illustrating holoptic eyes in the male and dichoptic eyes in the female; C – dorsal view; D – lateral view

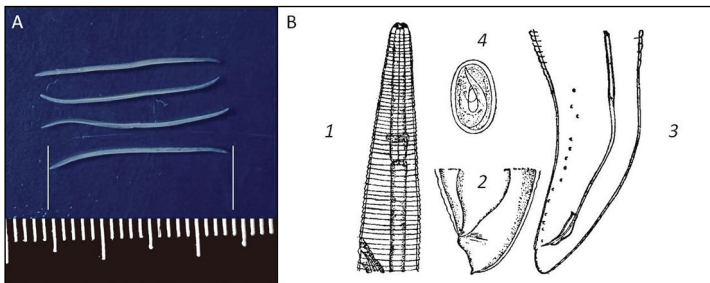


Рис. 2. *Th. rhodesi*: А – внешний вид и линейные размеры самок телязий, извлеченных из конъюнктивальных полостей яка; В – морфология нематод: 1 – головной конец, 2 – хвостовой конец самки, 3 – хвостовой конец самца, 4 – яйцо (К. И. Скрябин и др., 1934, рис. 277, с. 311)

Fig. 2. *Th. rhodesi*: A – adult females from the yak conjunctival sac (external view and size); B – morphological details: 1 – anterior end, 2 – female posterior end, 3 – male posterior end, 4 – egg (adapted from K. I. Skryabin et al., 1934, fig. 277, p. 311)

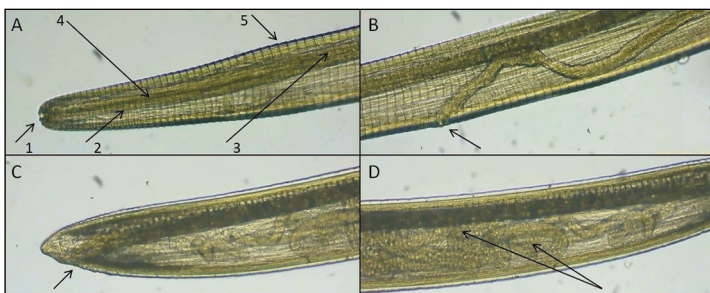


Рис. 3. Морфология самок *Th. rhodesi*. А – головной конец: 1 – ротовое отверстие, 2 – пищевод, 3 – кишечная трубка, 4 – нервное кольцо, 5 – исчерченность кутикулы; В – область вульвы, половое отверстие близ головного конца; С – хвостовой конец, анальное отверстие; D – матка с яйцами в теле нематоды

Fig. 3. Morphology of *Th. rhodesi* female. A – anterior end: 1 – oral opening (mouth), 2 – esophagus, 3 – intestinal tube, 4 – nerve ring, 5 – cuticular striations; B – vulva region, genital opening situated near the anterior end; C – posterior end, anal opening (anus); D – uterus containing eggs within the nematode body

Фотографии получены при помощи фотоаппарата Canon 760D (Япония) и микроскопа Nikon Eclipse E 200 (Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Musca autumnalis, полевая муха, является представителем семейства *Muscidae* (Latreille, 1802, настоящие мухи, house flies, stable flies). Принадлежит к надсемейству *Muscoidea*, секции *Calyptrata*, подотряду *Brachycera Cyclorrhapha*, отряду *Diptera* [26]. *M. autumnalis* широко распространена в палеарктической области, на всей части Западной Европы (Швеция, Норвегия, Испания, Италия), на Кавказе и в Средней Азии. Мухи характерны для степных, полупустынных, лесостепных и лесных ландшафтов, в том числе как часть пастбищной фауны [1].

В Оренбургском Предуралье выделено 58 видов *Diptera* – *Brachycera* синбовинного комплекса, 40 из них способны к механическому переносу возбудителей гельминтозов (остриц, аскарид, власоглагов, цепней, анкилостомид, драшей, габронем, парабронем, парафилярий, сетарий, стефанофилярий, телязий и др.), имеющих важное медико-ветеринарное значение [27]. Установлено, что *M. autumnalis* активны в течение всего летнего периода, с ранней весны и до поздней осени, по сути являясь теплолюбивым видом. Рисунок 1 иллюстрирует резко выраженный половой диморфизм мух в окраске и строении глаз. Голоптические (соприкасающиеся) глаза самцов обеспечивают навыки роения и спаривания в полете. На третьем и четвертом тергитах брюшка самца имеются симметричные темно-желтые просвечивающие пятна. У самки брюшко сплошь покрыто серым налетом с отличающимися пятнами, на первом стерните развиты волоски [26].

Подавляющее большинство отловленных насекомых были самками. Соотношение самок и самцов, снятых в области головы, составило 83 и 17% соответственно, что подтверждает данные Г. А. Котельникова [16], F. Gregor et al. [22] о ведущем эколого-ветеринарном значении самок. *M. autumnalis* является фактором передачи ряда патогенов, в том числе и нематод рода *Thelazia*.

Musca autumnalis является типичным представителем синбовинной, зоофильной, фауны. Так, в имагинальном состоянии представители *Muscidae* часто питаются выделениями из ран и слизистых оболочек глаз, носа, рта животных во время выпаса [26].

Нарчук Э. П. [26] и Агеева Т. Ю. [27] рассматривают самок *M. autumnalis* в качестве факультативных гематофагов, что не противоречит полученным данным. У *M. autumnalis* отсутствует колющий хоботок, способный к активному проколу кожных покровов млекопитающих, однако имеются престомальные зубцы, при помощи которых самки мух способны наносить повреждения заживающим ранам и слизистым оболочкам, поддерживая воспалительные процессы и обеспечивая себя прокормлением.

Личинки *M. autumnalis* являются специализированными сапрофагами, они развиваются и потребляют экскременты позвоночных, являясь копрофагами, что специфично для *Muscidae* [11, 26].

Исследуемые животные в летнее время содержались одной группой полувольно на естественном травостое. Общее состояние подопытных животных было удовлетворительным, аппетит и моцион были сохранены. Водопой осуществлялся у открытого водоема, у ручья Сазан. В зимнее время животные содержались под навесами. Противопаразитарные препараты животным не задавали.

Среди клинических проявлений телязиоза у яков фиксировали обильное слезотечение. У животных наблюдали хронический рецидивирующий кератоконъюнктивит, отмечалось ухудшение зрения, что аналогично сведениям D. F. L. Djungu et al. [7].

К признакам телязиоза также относят светобоязнь и блефароспазм, язвенные и неязвенные кератиты. В качестве осложнений описываются гранулемы и перфорации роговицы, воспаление хрусталика, эктропион глазных яблок, помутнение роговицы (бельмо) вследствие миграции нематод сквозь нее, фиброзно-геморрагический иридоциклит, слепота [1, 9, 10, 11]. Очень часто течение телязиоза осложняется развитием вторичных инфекционных процессов, усугубляя состояние животных [10, 11, 12, 13, 14].

В подавляющем большинстве случаев инвазионные кератоконъюнктивиты яков были двусторонними. Половозрастных особенностей выявлено не было, что не согласуется с данными D. M. Tweedle et al. [8] о том, что среди КРС чаще болели животные в возрасте от 21 до 38 мес.

Установили, что интенсивность инвазии равнялась 5 экз., экстенсивность инвазии составила 100%, что расходится с материалами А. К. Ошхунова и др. [17]. Можно сделать вывод, что яки в природно-климатических условиях оренбургских степей являлись интродуцируемыми животными, и инвазия протекала у них в процессе акклиматизации.

Клинические признаки телязиоза наблюдались во время всего летнего периода *M. autumnalis*, таким образом обуславливая сезонность заболевания, что не противоречит данным, полученным D. M. Tweedle et al. [8], E. Kim et al. [9], R. R. Kasarla et al. [10].

При проведении гельминтоскопии из конъюнктивальной полости яков были вымыты, собраны и исследованы паразитические нематоды. Установлено, что паразиты принадлежали к виду *Th. rhodesi*, обнаруженные нематоды были самками. На рисунке 2 видно, что размеры самок составляли приблизительно 20 мм. Они были очень подвижными, беловатого цвета, едва заметны невооруженным глазом в конъюнктивальной полости. Наиболее видимы нематоды были во внутреннем углу глаз яков.

Вид *Th. rhodesi* принадлежит к роду *Thelazia*, отряду *Spirurida*, семейству *Thelaziidae*, типу *Nematoda*, нематоды, или круглые черви. Микроскопически головной конец *Th. rhodesi* имеет полосатую исчерченность, что показано на рисунке 3. Зазубрины кутикулы нематод являются механическим фактором и сильно травмируют роговицу глаза и конъюнктиву, приводя к воспалительным процессам.

Обильное слезотечение является ответной реакцией на повреждение тканей глаза. Кроволижущие *M. autumnalis* в качестве факультативного, необязательного гематофага вызывают обильное слезотечение при травмировании роговицы глаза животного и при инвазировании его телязиями. Кроме механического воздействия имеются также сведения Л. А. Глазуновой и др. об аллергическом и токсическом патологическом влиянии нематод на хозяина [1]. Христиановский П. И. и др. описывают явление носительства паразитов дефинитивными хозяевами, что является причиной ежегодного заражения животных [12].

Личинки телязий выделяются из организма больных яков лакримальным путем – из протоков слезных желез, из конъюнктивальной полости, из-под третьего века. *M. autumnalis* потребляет секрет слезных желез вместе с личинками телязий, таким образом являясь специфическим промежуточным хозяином при телязиозе. В ее организме заканчивается развитие нематод, что занимает период около месяца. Передача инвазионных личинок дефинитивному хозяину осуществляется при повторном слизывании слез и слизистых выделений яков хоботками мух.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Телязиоз остается значимым трансмиссивным паразитарным зоонозом в медико-ветеринарном аспекте и требует дальнейшего изучения.

Заболевание яков телязиозом в Беляевском районе Оренбургской области описано впервые и представляет

собой важную теоретическую и практическую сторону вопроса.

Выделенные нематоды идентифицированы как *Th. rhodesi*. Вектором передачи телязий послужил вид *M. autumnalis*, повсеместно распространенный в степных ландшафтах Оренбуржья. Хроническое течение заболевания связано с процессом носительства возбудителя в зимний стойловый период. Течение и клинические признаки телязиоза яков были обусловлены механическим, аллергическим, токсическим влиянием нематод *Th. rhodesi* и относительно невысокой интенсивностью инвазии.

Характерных отличий телязиоза яков от телязиоза КРС по клиническим признакам, диагностическим приемам, профилактике и лечению выявлено не было. Профилактическими и терапевтическими мерами при телязиозе яков следует считать сезонные репеллентные, инсектицидные и плановые антигельминтные обработки животных. Для контроля заболеваемости телязиозом следует регулировать численность популяции мух-переносчиков, следить за зоогиgienическим состоянием ферм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазунова Л. А., Домацкий В. Н., Глазунов Ю. В. Телязиоз крупного рогатого скота в Северном Зауралье. Тюмень: ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья; 2020. 132 с. https://elibrary.ru/download/elibrary_44556186_96519753.pdf
2. Cotuțiu V.-D., Ionică A. M., Dan T., Cazan C. D., Borșan S. D., Culda C. A., et al. Diversity of *Thelazia* spp. in domestic cattle from Romania: epidemiology and molecular diagnosis by a novel multiplex PCR. *Parasites & Vectors*. 2023; 16:400. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06012-8>
3. Demiaszkiewicz A. W., Moskwa B., Gralak A., Laskowski Z., Myczka A. W., Kołodziej-Sobocińska M., et al. The nematodes *Thelazia gulosa* Railliet and Henry, 1910 and *Thelazia skrjabini* Erschov, 1928 as a cause of blindness in European Bison (*Bison bonasus*) in Poland. *Acta Parasitologica*. 2020; 65 (4): 963–968. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00243-w>
4. Cotuțiu V.-D., Ionică A. M., Lefkaditis M., Cazan C. D., Hașaș A. D., Mihalca A. D. *Thelazia lacrymalis* in horses from Romania: epidemiology, morphology and phylogenetic analysis. *Parasites & Vectors*. 2022; 15 (1):425. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05532-z>
5. Ionică A. M., Deak G., Matei I. A., D'Amico G., Cotuțiu V. D., Gherman C. M., Mihalca A. D. *Thelazia callipaeda*, an endemic parasite of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Western Romania. *Journal of Wildlife Diseases*. 2018; 54 (4): 829–833. <https://doi.org/10.7589/2017-10-251>
6. Giangaspero A., Tieri E., Otranto D., Battistini M. L. Occurrence of *Thelazia lacrymalis* (Nematoda, Spirurida, Thelaziidae) in native horses in Abruzzo region (Central eastern Italy). *Parasite*. 2000; 7 (1): 51–53. <https://doi.org/10.1051/parasite/2000071051>
7. Djungu D. F. L., Retnani E. B., Ridwan Y. *Thelazia rhodesii* infection on cattle in Kupang district. *Tropical Biomedicine*. 2014; 31 (4): 844–852. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25776611>
8. Tweedle D. M., Fox M. T., Gibbons L. M., Tennant K. V. Change in the prevalence of *Thelazia* species in bovine eyes in England. *Veterinary Record*. 2005; 157 (18): 555–556. <https://doi.org/10.1136/vr.157.18.555>
9. Kim E., Oh Y.-I., Park Y. Characteristics of canine thelaziasis in the Republic of Korea: a retrospective study (2022–2024). *Journal of Veterinary Science*. 2025; 26 (2):e28. <https://doi.org/10.4142/jvs.25004>
10. Kasarla R. R., Adhikari Sh. R., Ghimire K., Pathak L. An emerging, neglected and underestimated zoonotic parasitic ocular infestation: a comprehensive review on thelaziasis. *Journal of Universal College of Medical Sciences*. 2021; 9 (2): 82–88. <https://doi.org/10.3126/jucms.v9i02.42020>
11. Христиановский П. И., Зинин И. В., Белименко В. В. Использование инъекционных нематоцидов для лечения и профилактики телязиоза крупного рогатого скота. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2016; (1): 35–37. <https://elibrary.ru/vmdwhj>
12. Христиановский П. И., Белименко В. В., Зинин И. В. Методические положения по диагностике, лечению и профилактике при телязиозах крупного рогатого скота. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2016; (2): 5–8. <https://elibrary.ru/vsxrih>
13. Белименко В. В., Христиановский П. И. Точечное тепловое воздействие холодноплазменного электрокоагулятора для лечения поражения глаз при телязиозе крупного рогатого скота. *Российский*

- ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2016; (2): 28–30. <https://elibrary.ru/vsxrjl>
14. Христиановский П. И., Белименко В. В., Зинин И. В. Телазииозы крупного рогатого скота в РФ (ретроспектива и современность). *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2014; (1): 36–38. <https://elibrary.ru/sahyxh>
 15. Черепанов А. А., Москвин А. С., Котельников Г. А., Хренов В. М. Дифференциальная диагностика гельминтозов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей: атлас. М.: Колос; 2001. 76 с.
 16. Котельников Г. А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды: справочник. М.: Колос; 1984. 208 с.
 17. Ошунув А. К., Фиापшева А. Б., Диданова А. А. Эколого-фаунистическая характеристика гельминтозов яков в условиях Кабардино-Балкарской Республики. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013; (1): 234–236. <https://elibrary.ru/pwnxlf>
 18. Диданова А. А., Ошунув А. К. Эколого-фаунистическая характеристика гельминтозов яков в условиях КБР. *Научно-технический и социально-экономический потенциал развития АПК РФ: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти М. Х. Ханьева (Нальчик, 12 декабря 2024 г.)*. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова; 2024; 321–325. <https://elibrary.ru/ggqggw>
 19. Wei X., Liu B., Li Y., Wang K., Gao L., Yang Y. A human corneal ulcer caused by *Thelazia callipaeda* in Southwest China: case report. *Parasitology Research*. 2020; 119 (10): 3531–3534. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06850-w>
 20. Bonilla-Aldana D. K., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Sah R., Rodriguez-Morales A. J. Thelaziasis in humans: A systematic review of reported cases. *New Microbes and New Infections*. 2025; 65:101599. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2025.101599>
 21. Huang Z., Chen W. Ocular thelaziasis. *New England Journal of Medicine*. 2021; 385 (13):e39. <https://doi.org/10.1056/nejmicm2032962>
 22. Gregor F., Rozkošný R., Bartak M., Vaňhara J. The *Muscidae* (Diptera) of Central Europe. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. Biologia*. 2002; 107: 1–280.
 23. Голуб В. Б., Цуриков М. Н., Прокин А. А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. 2-е изд., испр. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2021. 358 с.
 24. Бей-Биенко Г. Я., Благовещенский Д. И., Вишнякова В. Н. Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 5, ч. 1. Двукрылые, блохи. Л.: Наука; 1970. 943 с.
 25. McAlpine J. F., Peterson B. V., Shewell G. E., Teskey H. J., Vockeroth J. R., Wood D. M. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 1. Research Branch Agriculture Canada; 1981. 674 p.
 26. Нарчук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). *Труды Зоологического института РАН*. Т. 294. СПб.: Зоологический институт РАН; 2003. 250 с. https://herba.msu.ru/shipunov/school/books/nartshuk2003_opredelitel_semeistv_dvukrpf
 27. Ареева Т. Ю. Мухи-гематофаги южного Предуралья Оренбургской области. *Вестник Оренбургского государственного университета (материалы конференции молодых ученых и специалистов Оренбургской области (Оренбург, февраль 2008))*. 2008; (S82): 105.
- ## REFERENCES
1. Glazunova L. A., Domatsky V. N., Glazunov Yu. V. Thelaziasis in cattle in the Northern Trans-Urals. Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University; 2020. 132 p. https://elibrary.ru/download/elibrary_44556186_96519753.pdf (in Russ.)
 2. Cotuțiu V.-D., Ionică A. M., Dan T., Cazan C. D., Borșan S. D., Culda C. A., et al. Diversity of *Thelazia* spp. in domestic cattle from Romania: epidemiology and molecular diagnosis by a novel multiplex PCR. *Parasites & Vectors*. 2023; 16:400. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06012-8>
 3. Demiaszkiewicz A. W., Moskwa B., Gralak A., Laskowski Z., Myczka A. W., Kołodziej-Sobocińska M., et al. The nematodes *Thelazia gulosa* Raillet and Henry, 1910 and *Thelazia skrjabini* Erschov, 1928 as a cause of blindness in European Bison (*Bison bonasus*) in Poland. *Acta Parasitologica*. 2020; 65 (4): 963–968. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00243-w>
 4. Cotuțiu V.-D., Ionică A. M., Lefkaditis M., Cazan C. D., Hașaș A. D., Mihalca A. D. *Thelazia lacrymalis* in horses from Romania: epidemiology, morphology and phylogenetic analysis. *Parasites & Vectors*. 2022; 15 (1):425. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05532-z>
 5. Ionică A. M., Deak G., Matei I. A., D'Amico G., Cotuțiu V. D., Gherman C. M., Mihalca A. D. *Thelazia callipaeda*, an endemic parasite of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Western Romania. *Journal of Wildlife Diseases*. 2018; 54 (4): 829–833. <https://doi.org/10.7589/2017-10-251>
 6. Giangaspero A., Tieri E., Otranto D., Battistini M. L. Occurrence of *Thelazia lacrymalis* (Nematoda, Spirurida, Thelaziidae) in native horses in Abruzzo region (Central eastern Italy). *Parasite*. 2000; 7 (1): 51–53. <https://doi.org/10.1051/parasite/2000071051>
 7. Djungu D. F. L., Retnani E. B., Ridwan Y. *Thelazia rhodesii* infection on cattle in Kupang district. *Tropical Biomedicine*. 2014; 31 (4): 844–852. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25776611>
 8. Tweedle D. M., Fox M. T., Gibbons L. M., Tennant K. V. Change in the prevalence of *Thelazia* species in bovine eyes in England. *Veterinary Record*. 2005; 157 (18): 555–556. <https://doi.org/10.1136/vr.157.18.555>
 9. Kim E., Oh Y.-I., Park Y. Characteristics of canine thelaziasis in the Republic of Korea: a retrospective study (2022–2024). *Journal of Veterinary Science*. 2025; 26 (2):e28. <https://doi.org/10.4142/jvs.25004>
 10. Kasarla R. R., Adhikari Sh. R., Ghimire K., Pathak L. An emerging, neglected and underestimated zoonotic parasitic ocular infestation: a comprehensive review on thelaziasis. *Journal of Universal College of Medical Sciences*. 2021; 9 (2): 82–88. <https://doi.org/10.3126/jucms.v9i02.42020>
 11. Christianovsky P. I., Zinin I. V., Belimenko V. V. Employment of injection nematicides for the treatment and prevention of thelaziasis in cattle. *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2016; (1): 35–37. <https://elibrary.ru/vmdwhj> (in Russ.)
 12. Christianovsky P. I., Belimenko V. V., Zinin I. V. Manual for detection tests, treatment and prevention of thelazioses in cattle. *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2016; (2): 5–8. <https://elibrary.ru/vsxrih> (in Russ.)
 13. Belimenko V. V., Christianovsky P. I. Point heating effect of cold plasma electrocoagulator for treatment of eye injuries in cattle caused by thelaziasis. *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2016; (2): 28–30. <https://elibrary.ru/vsxrjl> (in Russ.)
 14. Christianovskiy P. I., Belimenko V. V., Zinin I. V. Cattle thelaziasis in the Russian Federation (retrospective and the present). *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2014; (1): 36–38. <https://elibrary.ru/sahyxh> (in Russ.)
 15. Cherepanov A. A., Moskvin A. S., Kotelnikov G. A., Khrenov V. M. Differential diagnosis of helminth infestation based on the morphological structure of pathogen eggs and larvae: An atlas. Moscow: Kolos; 2001. 76 p. (in Russ.)
 16. Kotelnikov G. A. Helminthological investigations of animals and environmental samples: A reference guide. Moscow: Kolos; 1984. 208 p. (in Russ.)
 17. Oshkhunov A. K., Fiapsheva A. B., Didanova A. A. Ecologo-faunistic characteristics of helminthiasis in yaks under the conditions of Kabardino-Balkar Republic. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013; (1): 234–236. <https://elibrary.ru/pwnxlf> (in Russ.)
 18. Didanova A. A., Oshchunov A. K. Ecological-faunistic characteristics of helminthiasis in yak in CBD conditions. *Nauchno-tehnicheskii i sotsial'no-ehkonomicheskii potentsial razvitiya APK RF: materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati M. Kh. Khanieva (Nalchik, 12 dekabrya 2024 g.) = The scientific, technological, and socio-economic development potential of the Russian agro-industrial sector: Proceedings of the 2nd International scientific-practical conference in commemoration of M. Kh. Khaniev (Nalchik, December 12, 2024)*. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V. M. Kokov; 2024; 321–325. <https://elibrary.ru/ggqggw> (in Russ.)
 19. Wei X., Liu B., Li Y., Wang K., Gao L., Yang Y. A human corneal ulcer caused by *Thelazia callipaeda* in Southwest China: case report. *Parasitology Research*. 2020; 119 (10): 3531–3534. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06850-w>
 20. Bonilla-Aldana D. K., Bonilla-Aldana J. L., Acosta-España J. D., Sah R., Rodriguez-Morales A. J. Thelaziasis in humans: A systematic review of reported cases. *New Microbes and New Infections*. 2025; 65:101599. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2025.101599>
 21. Huang Z., Chen W. Ocular thelaziasis. *New England Journal of Medicine*. 2021; 385 (13):e39. <https://doi.org/10.1056/nejmicm2032962>
 22. Gregor F., Rozkošný R., Bartak M., Vaňhara J. The *Muscidae* (Diptera) of Central Europe. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. Biologia*. 2002; 107: 1–280.
 23. Golub V. B., Tsurikov M. N., Prokin A. A. Insect collections: Gathering, preparation, and preservation of specimens. 2nd ed., corrected and supplemented. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.; 2021. 358 p. (in Russ.)
 24. Bey-Bienko G. Ya., Blagoveshchensky D. I., Vishnyakova V. N. Identification guide to the insects of the European part of the USSR. Vol. 5, pt. 1. *Diptera* (Fleas). Leningrad: Nauka; 1970. 943 p. (in Russ.)
 25. McAlpine J. F., Peterson B. V., Shewell G. E., Teskey H. J., Vockeroth J. R., Wood D. M. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 1. Research Branch Agriculture Canada; 1981. 674 p.

26. Nartshuk E. P. Key to families of *Diptera (Insecta)* of the fauna of Russian and adjacent countries. *Proceedings of the Zoological Institute of the RAS*. Vol. 294. Saint Petersburg: Zoological Institute of the RAS; 2003. 250 p. https://herba.msu.ru/shipunov/school/books/nartshuk2003_opredelitel_semeistv_dvukr.pdf (in Russ.)

27. Ageeva T. Yu. Mukhi-gematofagi yuzhnogo Predural'ya Orenburgskoi oblasti = Hematophagous flies of the Southern Cis-Urals in the Orenburg Oblast. *Vestnik of the Orenburg State University: Proceedings of the conference of young scientists and specialists of the Orenburg Region (Orenburg, February 2008)*. 2008; (S82): 105. (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 29.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 03.10.2025

Принята к публикации / Accepted 29.12.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Кузьмина Елена Николаевна, канд. биол. наук, научный сотрудник отдела ландшафтной экологии Института степи ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3928-8382>, 2001_vet@mail.ru

Elena N. Kuzmina, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Department of Landscape Ecology, Institute of Steppe, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3928-8382>, 2001_vet@mail.ru

Вклад автора: Кузьмина Е. Н. – разработка концепции, проведение исследования, подготовка и редактирование текста рукописи.

Contribution of the author: Kuzmina E. N. – study concept and design, data collection, manuscript preparation and editing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-60-66>
УДК 619:616.98:578.821.2:616-078(575.3)



Проведение серологических исследований на заразный узелковый дерматит в Республике Таджикистан в 2023 г.

Р. А. Атовуллозода¹, И. Н. Шумилова², Ф. И. Коренной², М. А. Амирбеков¹, С. Х. Назруллозода¹, Р. М. Шарипов¹, С. М. Косимов¹,
О. П. Бьядовская², А. О. Кротова², А. В. Спрыгин²

¹ Институт ветеринарной медицины Таджикской академии сельскохозяйственных наук (ИВМ ТАСХН), ул. А. Кахарова, 43, г. Душанбе, 734005, Республика Таджикистан

² ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Гвардейская, 6, мкр. Юр'евец, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Скотоводство играет ключевую роль в сельском хозяйстве Республики Таджикистан, обеспечивая не только потребности в мясных и молочных продуктах. В последнее время интенсификация животноводческой деятельности в Таджикистане сталкивается с серьезными проблемами, связанными с инфекционными заболеваниями, в частности вызываемыми капripоксвирусами, в том числе заразным узелковым дерматитом крупного рогатого скота, который наносит значительный экономический ущерб и ставит под угрозу продуктивность и здоровье животных в регионе и во всем мире. Изучение и понимание эпизоотологии заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота в климатических условиях Республики Таджикистан позволит улучшить контроль за заболеванием.

Цель исследования. Эпизоотологическое описание и краткая характеристика вспышек заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота в Республике Таджикистан в 2023 г.

Материалы и методы. В работе использованы классические методы эпизоотологического анализа по сбору данных о вспышках заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота, а также серологические методы для ретроспективной диагностики заболевания.

Результаты. В 2023 г. в Республике Таджикистан впервые был зарегистрирован случай заболевания крупного рогатого скота заразным узелковым дерматитом в районе, граничащем с Афганистаном. Анализ сезонности проявления данного заболевания в Таджикистане показал, что вспышки заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота происходили чаще всего в летне-осенний период: с июля по ноябрь. Болезнь преимущественно распространилась в регионах с высокой концентрацией скота, в частности в районах Хатлонской области. Средняя плотность животных в Хатлонской области составляет 46 голов крупного рогатого скота на 1 км² и 117 голов мелкого рогатого скота на 1 км². Пик эпизоотии заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота был зафиксирован в сентябре – ноябре 2023 г. Заболеваемость и смертность варьировали по районам от 10 до 55% и от 2 до 15% соответственно. При исследовании 216 проб сывороток крови крупного рогатого скота антитела к вирусу заразного узелкового дерматита были обнаружены у 109 животных, что составило 50,5% от общего числа.

Заключение. В 2023 г. в Республике Таджикистан был проведен комплекс исследований и предприняты меры по предупреждению распространения заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота. Для эффективной борьбы с заболеванием необходимо усилить эпизоотологический мониторинг, проводить своевременную вакцинацию животных и внедрять меры по идентификации потенциальных переносчиков и их контролю. Эти шаги позволят минимизировать экономические потери и сохранить здоровье скота в республике.

Ключевые слова: заразный узелковый дерматит, эпизоотология, клинические признаки, диагностика, иммуноферментный анализ, вакцинация, СНГ

Благодарности: Работа выполнена за счет средств ФГБУ «ВНИИЗЖ» в рамках тематики научно-исследовательских работ «Ветеринарное благополучие».

Для цитирования: Атовуллозода Р. А., Шумилова И. Н., Коренной Ф. И., Амирбеков М. А., Назруллозода С. Х., Шарипов Р. М., Косимов С. М., Бьядовская О. П., Кротова А. О., Спрыгин А. В. Проведение серологических исследований на заразный узелковый дерматит в Республике Таджикистан в 2023 г. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 60–66. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-60-66>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Спрыгин Александр Владимирович, д-р биол. наук, старший научный сотрудник референтной лаборатории болезней крупного рогатого скота, заведующий лабораторией молекулярных и генетических исследований, ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Гвардейская, 6, мкр. Юр'евец, г. Владимир, 600901, Россия, sprygina@aria.ru

Serological tests for lumpy skin disease in Republic of Tajikistan in 2023

Rajabmurod A. Atovullozoda¹, Irina N. Shumilova², Fedor I. Korennoy², Mulojon A. Amirbekov¹, Sulaimon Kh. Nazrullozoda¹, Rustam M. Sharipov¹,
Samandar M. Kosimov¹, Olga P. Byadovskaya², Alena O. Krotova², Alexander V. Sprygina²

¹ Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, ul. A. Kakharova, 43, Dushanbe 734005, Republic of Tajikistan

² Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. Cattle farming plays a key role in the agriculture of the Republic of Tajikistan, satisfying not only the needs for meat and dairy products. Recently, the intensification of livestock production in Tajikistan has been facing serious problems related to infectious diseases, in particular those caused by capripoxviruses,

© Атовуллозода Р. А., Шумилова И. Н., Коренной Ф. И., Амирбеков М. А., Назруллозода С. Х., Шарипов Р. М., Косимов С. М., Бьядовская О. П., Кротова А. О., Спрыгин А. В., 2026

including lumpy skin disease (LSD), which causes significant economic damage and compromises animal performance and health in the region and around the world. Studying and understanding the LSD epizootology in the Republic of Tajikistan climatic environment will facilitate better disease control.

Objective. Epizootological data collection and brief description of LSD outbreaks in the Republic of Tajikistan in 2023.

Materials and methods. Traditional epizootological analysis tools were used to collect data on LSD outbreaks, as well as serological tools for the disease retrospective diagnosis.

Results. In 2023, an LSD case was first reported in the Republic of Tajikistan in the region bordering Afghanistan. Analysis of the seasonal pattern of the disease occurrence in Tajikistan demonstrated that the LSD outbreaks were most often reported in summer and autumn: from July to November. The disease spread mainly in the areas with a high concentration of livestock, in particular in the Khatlon Region. The average animal density in the Khatlon Region is 46 cattle per 1 km² and 117 sheep and goats per 1 km². The peak of LSD epidemic was recorded in September – November 2023. Morbidity and mortality varied by districts, ranging from 10 to 55% and from 2 to 15%, respectively. Tests of 216 bovine serum samples demonstrated LSD virus antibodies in 109 animals, accounting for 50.5% of the total.

Conclusion. In 2023, a range of studies was conducted and measures were taken in the Republic of Tajikistan to prevent LSD spread. To effectively control the disease, it is necessary to strengthen epizootological monitoring, carry out timely vaccination of animals and implement measures for the identification and control of potential vectors. These steps will minimize economic losses and maintain the animal health in the republic.

Keywords: lumpy skin disease (LSD), epizootology, clinical signs, diagnosis, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), vaccination, CIS

Acknowledgements: The study was funded by the Federal Centre for Animal Health as a part of research activities "Veterinary Welfare".

For citation: Atovullozoda R. A., Shumilova I. N., Korennoy F. I., Amirbekov M. A., Nazrullozoda S. Kh., Sharipov R. M., Kosimov S. M., Byadovskaya O. P., Krotova A. O., Sprygin A. V. Serological tests for lumpy skin disease in Republic of Tajikistan in 2023. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 60–66. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-60-66>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Alexander V. Sprygin, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Reference Laboratory for Bovine Diseases, Head of Molecular and Genetic Research Laboratory, Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, sprygin@arria.ru

ВВЕДЕНИЕ

Заразный узелковый дерматит крупного рогатого скота (ЗУД КРС; нодулярный дерматит, кожная бугорчатка) – это вирусная трансмиссивная болезнь КРС, проявляющаяся лихорадкой, поражением лимфатической системы, отеком подкожной клетчатки и внутренних органов, образованием кожных узлов (бугров), поражением глаз и слизистых оболочек органов дыхания и пищеварения, потерей продуктивности и живой массы тела [1]. Возбудитель болезни – ДНК-содержащий вирус из рода *Capripoxvirus*, семейства *Poxviridae*, близкородственный вирусу оспы овец и вирусу оспы коз [2].

Трансмиссия вируса ЗУД КРС за пределы эпизоотического очага возможна двумя способами. Во-первых, с инфицированными животными, активными продуцентами возбудителя [3]. При этом субклинически инфицированные животные выполняют функцию не только активного источника инфекции, но и являются важным фактором распространения вируса на большие расстояния, что чаще всего связано с перегонкой скота или нелегальной транспортировкой на автомобилях [4]. Важно отметить, что ЗУД КРС служит причиной крупных экономических потерь, таких как резкое снижение молочной продуктивности, качества молока и кожевенного сырья, потеря живой массы, аборт, бесплодие у быков и ухудшение фертильности у коров. Вследствие этого накладывается запрет на торговые отношения, что негативно сказывается на экономике государств, ориентированных на экспорт животноводческой продукции [5].

Предполагается, что основным фактором передачи возбудителя болезни являются кровососущие насекомые и клещи [6]. Хотя в настоящее время экспериментально доказано, что комары рода *Aedes*, мухи (например, *Stomoxys calcitrans* и *Biomya fasciata*) и клещи (*Rhipicephalus appendiculatus* и *Amblyomma hebraeum*) способны участвовать в распространении вируса [7]. Значение разных видов членистоногих переносчиков может меняться в различных климатических регионах в зависимости от их обилия и трофического поведения, однако подобные географо-климатические исследования из различных географо-климатических зон не описаны. Возможна трансмиссия вируса через контаминированную сперму [8].

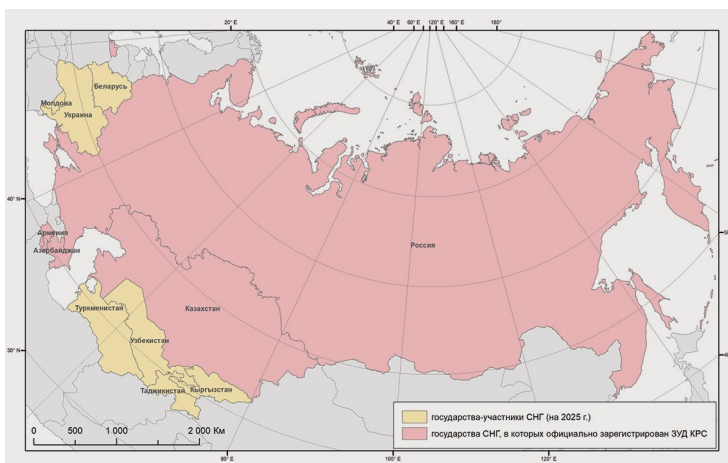


Рис. 1. Государства – участники СНГ, в которых зарегистрирован ЗУД КРС

Fig. 1. CIS members, where LSD is reported

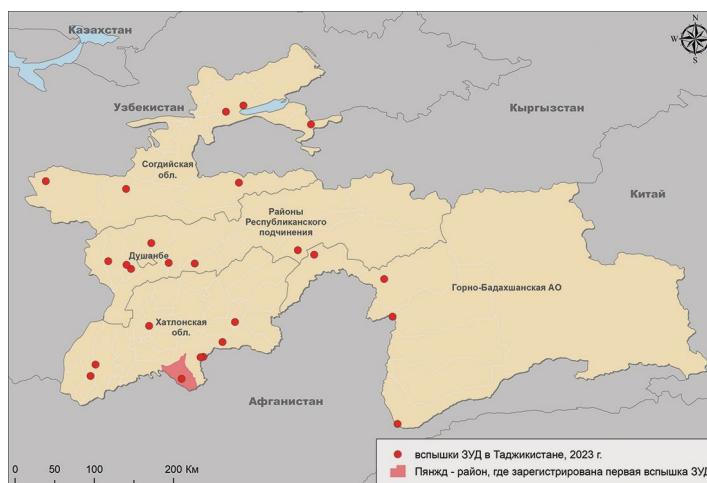


Рис. 2. Распространение ЗУД КРС в Республике Таджикистан в 2023 г.

Fig. 2. LSD spread in the Republic of Tajikistan in 2023

Прямой контакт не считался ранее эффективным путем передачи инфекции [9], однако, учитывая эпизоотологический профиль заболевания, когда вспышки могут регистрироваться ранней весной или осенью в отсутствие летней активности кровососущих насекомых, вероятны алиментарный и аэрогенный пути заражения, поскольку больное животное выделяет вирус в окружающую среду с истечениями из носа и корками с некротизированных узлов [10]. Доказательства контактной передачи вируса получены в ряде работ по экспериментальному заражению восприимчивых животных [11].

В прошлом ареал распространения ЗУД КРС ограничивался только ЮАР. Однако заболевание к 1956 г. быстро распространилось в Центральную и Восточную Африку. Первый случай заражения ЗУД КРС за пределами Африканского континента был зарегистрирован в Израиле, что послужило началом межконтинентального распространения [12, 13, 14, 15, 16]. Болезнь с характерными признаками была выявлена в Албании, Греции, Грузии, Иране, Македонии, Болгарии, Турции и других странах мира с многочисленными вспышками в последние годы [17, 18, 19]. В странах СНГ (рис. 1) ЗУД КРС официально зарегистрирован в Азербайджане (2014 г.), Армении (2015 г.), России (2015 г.), Казахстане (2016 г.) [20, 21, 22].

С 2019 г. ЗУД КРС начал распространяться в странах Юго-Восточной Азии, таких как Таиланд, Вьетнам, Индия, Пакистан, Индонезия и Сингапур; Китай, Япония и Южная Корея также сообщили о вспышках болезни [15, 23, 24, 25, 26], что создало угрозу трансграничного заноса болезни в страны Средней Азии.

В Республике Таджикистан ЗУД КРС до 2023 г. не регистрировался, однако массовое распространение инфекции в Азиатском регионе с 2019 г. привело к заносу возбудителя болезни в страну [25]. В 2023 г. впервые на приграничной с Афганистаном территории, в Пянджском районе Хатлонской области Республики Таджикистан, у 30 голов КРС черной, карпатской, шведской и местной пород разного возраста был диагностирован ЗУД КРС. Эта болезнь наблюдалась у животных в с. Мехнатобод (Согдийская область), с. Кахрамон (район Рудаки республиканского подчинения), а также в пгт Московский (район Хамадони) и селах Пархарского района Хатлонской области, а затем распространилась и на другие области республики, нанеся значительный экономический ущерб животноводам.

Целью данной работы является эпизоотологическое описание и краткая характеристика вспышки ЗУД КРС в Республике Таджикистан в 2023 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эпизоотическую ситуацию по ЗУД КРС изучали в животноводческих хозяйствах в юго-западных и северных районах Таджикистана (Согдийская область, Хатлонская область и районы республиканского подчинения), где практикуется стойлово-пастбищное содержание КРС.

В работе использовались общепринятые клинические, эпизоотологические и серологические методы исследования. Для оценки заболеваемости и смертности вычисляли долю заболевших и павших животных от всего восприимчивого поголовья в очаге.

Серологический анализ. Для предварительной оценки ситуации серологическому исследованию подверглись 216 проб сыворотки крови КРС из разных возрастных групп, отобранных от животных с клиническими признаками ЗУД КРС в регионах республики, расположенных в различных климатических и географических зонах (табл. 1).

В работе использовали иммуноферментный анализ (ИФА) с двойным связыванием антигена. Исследование проводили с помощью тест-системы для выявления антител к каприпоксвирусам в сыворотке или плазме крови КРС,

овец, коз или других восприимчивых видов (IDvet, Франция) в соответствии с рекомендациями производителя. Образцы сыворотки крови отбирали у зараженных (IN) и контактных животных (C1 и C2) на 0, 42 и 60-й день после начала эксперимента. Результаты интерпретировали на основе оптической плотности (OD), измеренной при длине волны 450 нм с использованием ридера для микропланшетов Sunrise (Тесап, Швейцария), и выражали в виде отношения оптической плотности исследуемого образца к оптической плотности положительного контроля (S/P%), рассчитанного следующим образом: $S/P\% = (OD \text{ образца} - OD \text{ отрицательного контроля}) / (OD \text{ положительного контроля} - OD \text{ отрицательного контроля}) \times 100\%$. Отношения S/P $\geq 30\%$ считались положительными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Республика Таджикистан – государство в Центральной Азии с преимущественно горным рельефом без выхода к морю. Площадь страны составляет 142,6 тыс. км², население – 10 млн чел. По данным на 2023 г., поголовье КРС в стране составляло 2 605 тыс. гол. (FAOstat, 2025). Административно-территориальное деление первого уровня представлено пятью единицами: Согдийская область, Хатлонская область, Горно-Бадахшанская автономная область, г. Душанбе и районы республиканского подчинения.

Таджикистан расположен в зоне континентального, резко континентального и горного климата. Климатические условия страны определяются ее рельефом, который включает как низменности, так и высокогорные районы. Осадки распределяются неравномерно. Основная часть осадков выпадает зимой и весной. Лето в низменных районах засушливое.

Болезнь впервые зарегистрирована в жаркой и засушливой Хатлонской области (в районах Пянджском, Пархарском и Хамадони), где высокие температуры и сухой климат способствуют активному размножению кровососущих насекомых – главных переносчиков вируса. Затем инфекция распространилась в другие регионы, включая Согдийскую область, г. Душанбе и районы республиканского подчинения, где умеренно теплый климат, наличие пастбищ и водоемов также создают условия для передачи инфекции. Локация неблагополучных пунктов представлена на рисунке 2.

Основное количество вспышек ЗУД КРС (14 вспышек) в 2023 г. наблюдалось в Хатлонской области, где сконцентрировано 70% поголовья КРС республики. Заболеваемость и смертность КРС в Пянджском районе области составили 55 и 15% соответственно.

При анализе эпизоотической ситуации по ЗУД КРС установлено, что при дальнейшем распространении заболевания по территории республики в июне – августе 2023 г. заболеваемость в Файзабадском районе составила 30–40%, а смертность – 2–3%; в Гиссарской долине – 20 и 3% соответственно.

В Раштской долине, где преобладает умеренный климат, данное заболевание наблюдалось среди КРС в ноябре – декабре. Процент заболеваемости в этом регионе составлял не более 10%, а смертность от числа заболевших животных – 3–5%.

На севере Таджикистана ЗУД КРС регистрировался в Айнинском, Гафуровском, Канибадамском, Пенджикентском и Исфаринском районах Согдийской области. Заболеваемость КРС в этих регионах составила 15–20%, а смертность – в пределах 3–5%.

Вспышки заболевания были менее интенсивны в горных районах Горно-Бадахшанской автономной области, что связано со сниженной активностью насекомых-переносчиков из-за особенностей климата и рельефа. Несмотря на то что данная область, расположенная вдоль границы с Афганистаном, занимает более 43% территории республики, здесь наименьшая плотность населения и животных на 1 км².

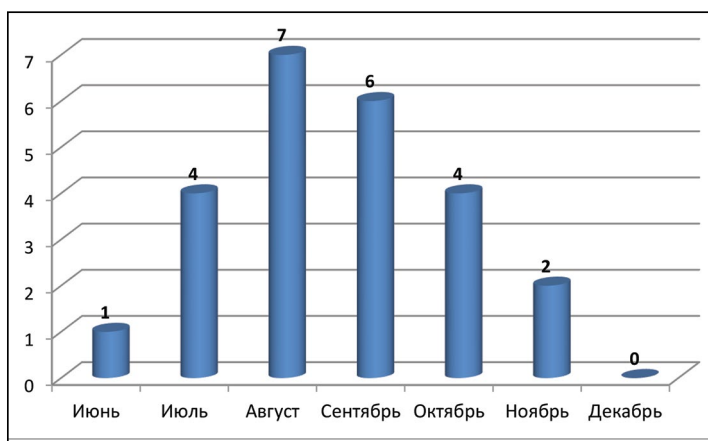


Рис. 3. Количество вспышек ЗУД КРС по месяцам

Fig. 3. Number of LSD outbreaks by month



Рис. 4. Образование узелковых поражений кожи в области шеи и лопаток при ЗУД КРС

Fig. 4. Formation of nodular skin lesions on the neck and shoulder blade areas of LSD infected cattle

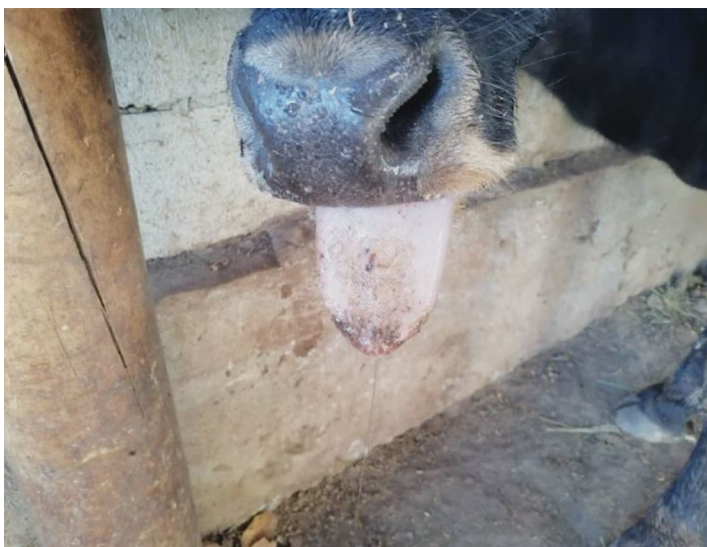


Рис. 5. Эрозийные поражения слизистой языка при ЗУД КРС

Fig. 5. Erosive lesions of the tongue mucosa of LSD infected cattle

Таблица 1
Регионы республики, где проводился серологический мониторинг

Table 1
Regions of the republic where serological monitoring was carried out

Регионы республики	Вид патологического материала	Количество исследуемых проб
Хатлонская область	Сыворотка крови	95
Согдийская область	Сыворотка крови	58
Районы республиканского подчинения	Сыворотка крови	63
Итого		216



Рис. 6. Множественное узелковое поражение кожи при ЗУД КРС

Fig. 6. Multiple nodular skin lesions of LSD infected cattle

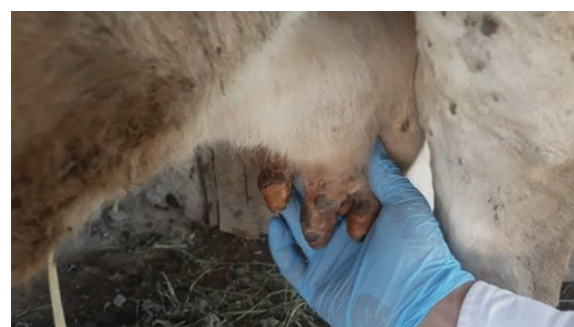


Рис. 7. Узелково-язвенные поражения на вымени при ЗУД КРС

Fig. 7. Nodular and ulcerative lesions on the udder of LSD infected cattle

Таблица 2
Результаты серологического исследования на ЗУД КРС в ИФА

Table 2
LSD ELISA results

Районы	Количество кишлаков	Исследовано проб	Выявлено положительных	Серопревалентность, %
Хатлонская область				
Пянджский	3	27	19	70,4
Хамадони	4	19	11	57,9
Пархарский	4	15	9	60,0
Восейский	2	11	5	45,5
Кулябский	3	8	3	37,5
г. Бохтар	3	15	8	53,3
Согдийская область				
Айнинский	2	12	4	33,3
Гафуровский	3	10	2	20,0
Канибадамский	1	7	2	28,6
Пенджикентский	1	16	7	43,8
Исфаринский	1	13	5	38,5
Районы республиканского подчинения				
Гиссарский	2	14	4	28,6
Рудаки	3	21	13	61,9
Файзабадский	2	10	5	50,0
Раштский	2	18	12	66,7
Итого	36	216	109	50,5

Последние вспышки заболевания в Республике Таджикистан отмечались в декабре 2023 г. в районах республиканского подчинения. В целом за год зарегистрировано более 20 вспышек ЗУД КРС, большинство из них выявлено в летне-осенний период: с июля по ноябрь (рис. 3), что может быть связано как с активностью потенциальных переносчиков, так и с пастбищным содержанием скота в этот период. Пик эпизоотии ЗУД КРС был зафиксирован в сентябре – ноябре 2023 г. Полученные сведения согласуются с данными, приведенными в литературе [27, 28, 29].

Важно отметить, что, исходя из полевых данных, инкубационный период при ЗУД КРС составлял примерно от 5 дней и, возможно, зависел от восприимчивости животных [30].

Таким образом, вспышки заболевания были менее интенсивны в горных районах страны, где суровый климат с низкими температурами ограничивает активность насекомых. В предгорных зонах и на пастбищах инфекция могла распространяться с мигрирующим скотом. Следовательно, сочетание жаркого климата, высокой плотности животных и благоприятных условий для размножения насекомых стали ключевыми факторами в эпизоотическом процессе ЗУД КРС в Таджикистане [31].

У больных животных отмечали повышение температуры тела (40,5–42,0 °С), истечения из носовой полости и глаз, увеличение лимфатических узлов, особенно надколенных и предлопаточных, отказ от корма, а также кожно-узелковую сыпь различной формы и размеров (рис. 4), эрозийные поражения ротовой полости, в том числе языка (рис. 5).

Число узелков колебалось от десяти до нескольких сотен (рис. 6). У лактирующих коров в процессе развития ЗУД КРС на вымени часто появлялись узелки различной формы

и размеров (рис. 7). Больные животные быстро истощались и теряли молочную и мясную продуктивность на длительный срок [32].

При исследовании методом ИФА 216 проб сывороток крови КРС, полученных от животных из Хатлонской и Согдийской областей и районов республиканского подчинения, антитела к вирусу ЗУД КРС были обнаружены в 109 из них, что составило 50,5% от общего числа животных (табл. 2).

Наиболее высокая серопревалентность отмечена в Хатлонской области: Пянджском районе (70,4%), Пархарском (60,0%) и Хамадони (57,9%), что свидетельствует о значительном распространении инфекции в этом регионе. В Согдийской области наибольшие показатели выявлены в Пенджикентском (43,8%) и Исфаринском районах (38,5%), а из районов республиканского подчинения высокий уровень серопревалентности зарегистрирован в Раштском (66,7%) и Рудаки (61,9%).

Таким образом, результаты данного исследования свидетельствуют о трансграничной природе ЗУД КРС и подчеркивают необходимость дальнейшего мониторинга и проведения профилактических мер для контроля эпизоотической ситуации с целью снижения экономических потерь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ эпизоотической ситуации по ЗУД КРС в Таджикистане в 2023 г. показал, что вспышки инфекции имели сезонный характер, достигая пика в летне-осенний период (июль – ноябрь). Наиболее неблагоприятными регионами оказались Хатлонская область, районы республиканского подчинения и Согдийская область, где серопревалентность варьировала от 20,0 до 70,4%. Вспышки инфекции были

зафиксированы как в индивидуальных, так и в промышленных хозяйствах, что указывает на необходимость строгого ветеринарного контроля и проведения профилактических мероприятий.

Для эффективной борьбы с ЗУД КРС необходимо усилить эпизоотологический мониторинг, проводить своевременную вакцинацию животных и внедрять меры по идентификации потенциальных переносчиков и их контролю. Эти шаги позволят минимизировать экономические потери и сохранить здоровье скота в республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Kononov A., Prutnikov P., Shumilova I., Kononova S., Nesterov A., Byadovskaya O., et al. Determination of lumpy skin disease virus in bovine meat and offal products following experimental infection. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019; 66 (3): 1332–1340. <https://doi.org/10.1111/tbed.13158>
- Amirbekov M., Atovullozoda A. R., Kashkullov M. S. H., Nazrullozoda S. K. H., Andamov I., Amirbek U. M. Epidemiological incidence of lumpy skin disease in Tajikistan. *Annals of Clinical and Medical Case Reports*. 2024; 13 (18): 1–4. <https://acmcase-report.org/wp-content/uploads/2024/05/ACMCR-v13-2206.pdf>
- Adamu K., Abayneh T., Getachew B., Mohammed H., Deresse G., Zekarias M., et al. Lumpy skin disease virus isolation, experimental infection, and evaluation of disease development in a calf. *Scientific Reports*. 2024; 14 (1):20460. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60994-8>
- Shumilova I., Prutnikov P., Mazloum A., Krotova A., Tenitilov N., Byadovskaya O., et al. Subclinical infection caused by a recombinant vaccine-like strain poses high risks of lumpy skin disease virus transmission. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024; 11:1330657. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1330657>
- Modethed W., Kreasukon K., Singha T., Boonsri K., Pringproa K., Sthitmatee N., et al. An evaluation of financial losses due to lumpy skin disease outbreaks in dairy farms of northern Thailand. *Frontiers in Veterinary Science*. 2025; 11:1501460. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1501460>
- Sprygin A., Pestova Ya., Wallace D. B., Tuppurainen E., Kononov A. V. Transmission of lumpy skin disease virus: a short review. *Virus Research*. 2019; 269:197637. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.05.015>
- Ratyotha K., Prakobwong S., Piratae S. Lumpy skin disease: a newly emerging disease in Southeast Asia. *Veterinary World*. 2022; 15 (12): 2764–2771. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2764-2771>
- Annandale C. H., Holm D. E., Ebersohn K., Venter E. H. Seminal transmission of lumpy skin disease virus in heifers. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2014; 61 (5): 443–448. <https://doi.org/10.1111/tbed.12045>
- Carn V. M., Kitching R. P. An investigation of possible routes of transmission of lumpy skin disease virus (Neethling). *Epidemiology and Infection*. 1995; 114 (1): 219–226. <https://doi.org/10.1017/s0950268800052067>
- Bianchini J., Simons X., Humblet M.-F., Saegerman C. Lumpy skin disease: a systematic review of mode of transmission, risk of emergence and risk entry pathway. *Viruses*. 2023; 15 (8):1622. <https://doi.org/10.3390/v15081622>
- Shumilova I., Nesterov A., Byadovskaya O., Prutnikov P., Wallace D. B., Mokeeva M., et al. A recombinant vaccine-like strain of lumpy skin disease virus causes low-level infection of cattle through virus-inoculated feed. *Pathogens*. 2022; 11 (8):920. <https://doi.org/10.3390/pathogens11080920>
- Davies F. G. Lumpy skin disease, an African capripox virus disease of cattle. *British Veterinary Journal*. 1991; 147 (6): 489–503. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(91\)90019-j](https://doi.org/10.1016/0007-1935(91)90019-j)
- Davies F. G. Observations on the epidemiology of lumpy skin disease in Kenya. *Journal of Hygiene*. 1982; 88 (1): 95–102. <https://doi.org/10.1017/s002217240006993x>
- Davies F. G., Krauss H., Lund J., Taylor M. The laboratory diagnosis of lumpy skin disease. *Research in Veterinary Science*. 1971; 12 (2): 123–127. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4929414>
- Abutarbush S. M., Ababneh M. M., Al Zoubi I. G., Al Sheyab O. M., Al Zoubi M. G., Aleksh M. O., Al Gharabat R. J. Lumpy skin disease in Jordan: disease emergence, clinical signs, complications and preliminary-associated economic losses. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2015; 62 (5): 549–554. <https://doi.org/10.1111/tbed.12177>
- Jabbar M. H., Atif F. A., Kashif M., Ahmed I., Iarussi F., Swelum A. A. Molecular epidemiology and phylogenetic insights of lumpy skin disease in cattle from diverse agro-ecological regions of Punjab, Pakistan. *PLoS ONE*. 2025; 20 (1):e0315532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315532>
- Breman F. C., Haegeman A., Krešić N., Philips W., De Regge N. Lumpy skin disease virus genome sequence analysis: putative spatio-temporal epidemiology, single gene versus whole genome phylogeny and genomic evolution. *Viruses*. 2023; 15 (7):1471. <https://doi.org/10.3390/v15071471>
- Ul-Rahman A., Shabbir M. Z., Raza M. A., Rossiter P. The expanding host range of lumpy skin disease virus in wild and domestic animals. *Tropical Animal Health and Production*. 2024; 56 (8):269. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04154-0>
- WOAH. Animal disease events. <https://whis.woah.org/#/report-management>
- Yeşilbağ K., Tokar E. B., Yaşar M., Casal J., Pratelli A. Lumpy skin disease threat in Europe: current situation, transmission dynamics and future prospects. *Research in Veterinary Science*. 2026; 202:106061. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2026.106061>
- Moudgil G., Chadha J., Khullar L., Chhibber S., Harjai K. Lumpy skin disease: insights into current status and geographical expansion of a transboundary viral disease. *Microbial Pathogenesis*. 2024; 186:106485. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106485>
- Кононов А. В., Спрыгин А. В., Кононова С. В., Нестеров А. А., Прутников П. В., Артюхова Е. Е. и др. Выявление генома вируса заразного узелкового дерматита (нодулярного дерматита) КРС в полевых образцах от КРС на территории Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2018; (1): 29–32. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-1-29-32>
- Kononov A. V., Sprygin A. V., Kononova S. V., Nesterov A. A., Prutnikov P. V., Artyukhova Ye. Ye., et al. Detection of lumpy skin disease virus genome in field samples collected from cattle in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2018; (1): 29–32. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-1-29-32>
- Tran A. T., Tran H. T. T., Truong A. D., Dinh V. T., Dang A. K., Chu N. T., et al. Molecular characterization of lumpy skin disease virus in North Central Vietnam during 2021 and early 2022. *Veterinaria Italiana*. 2024; 60 (1). <https://doi.org/10.12834/vet.3233.22342.2>
- Smaraki N., Jogi H. R., Kamothi D. J., Savsani H. H. An insight into emergence of lumpy skin disease virus: a threat to Indian cattle. *Archives of Microbiology*. 2024; 206 (5):210. <https://doi.org/10.1007/s00203-024-03932-6>
- Azeem S., Sharma B., Shabir S., Akbar H., Venter E. Lumpy skin disease is expanding its geographic range: a challenge for Asian livestock management and food security. *Veterinary Journal*. 2022; 279:105785. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105785>
- Agrawal I., Sharma B., Singh A. P., Varga C. Geospatial analysis of lumpy skin disease outbreaks among cattle in Uttar Pradesh, India, 2021–2022. *Pathogens*. 2024; 13 (8):611. <https://doi.org/10.3390/pathogens13080611>
- Mulatu E., Feyisa A. Review: lumpy skin disease. *Journal of Veterinary Science and Technology*. 2018; 9 (3):535. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000535>
- Mafirakureva P., Saidi B., Mbanga J. Incidence and molecular characterisation of lumpy skin disease virus in Zimbabwe using the P32 gene. *Tropical Animal Health and Production*. 2017; 49 (1): 47–54. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1156-9>
- Пестова Я. Е., Кононов А. В., Спрыгин А. В. Энтомологические аспекты эпизоотологии заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота (обзор). *Ветеринария сегодня*. 2019; (1): 16–21. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-1-28-16-21>
- Pestova Ya. E., Kononov A. V., Sprygin A. V. Entomological aspects of lumpy skin disease epizootology (review). *Veterinary Science Today*. 2019; (1): 16–21. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2019-1-28-16-21>
- Tuppurainen E. S., Venter E. H., Coetzer J. A. The detection of lumpy skin disease virus in samples of experimentally infected cattle using different diagnostic techniques. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 2005; 72 (2): 153–164. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v72i2.213>
- Alkhamis M. A., VanderWaal K. Spatial and temporal epidemiology of lumpy skin disease in the Middle East, 2012–2015. *Frontiers in Veterinary Science*. 2016; 3:19. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00019>
- Vinitchaikul P., Punyapornwithaya V., Seesupa S., Phuykhamsingha S., Arjampa O., Sansamur C., Jarassaeng C. The first study on the impact of lumpy skin disease outbreaks on monthly milk production on dairy farms in Khon Kaen, Thailand. *Veterinary World*. 2023; 16 (4): 687–692. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.687-692>

Поступила в редакцию / Received 25.08.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.10.2025

Принята к публикации / Accepted 16.02.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Атовуллозода Раджабмурод Атовулло, канд. вет. наук, директор ИВМ ТАСХН, г. Душанбе, Республика Таджикистан; <https://orcid.org/0000-0002-0586-8701>, rajabmurod69@mail.ru

Rajabmurod A. Atovullozoda, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Director, Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan; <https://orcid.org/0000-0002-0586-8701>, rajabmurod69@mail.ru

Шумилова Ирина Николаевна, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник референтной лаборатории болезней крупного рогатого скота, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4663-3845>, shumilova@arriah.ru

Irina N. Shumilova, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Reference Laboratory for Bovine Diseases, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4663-3845>, shumilova@arriah.ru

Коренной Федор Игоревич, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-7378-3531>, korennoy@arriah.ru

Fedor I. Korennoy, Cand. Sci. (Geography), Senior Researcher, Information and Analysis Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-7378-3531>, korennoy@arriah.ru

Амирбеков Муложон Амирбекович, д-р вет. наук, ведущий научный сотрудник ИВМ ТАСХН, г. Душанбе, Республика Таджикистан; amulojon@mail.ru

Mulojon A. Amirbekov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan; amulojon@mail.ru

Назруллозода Сулаймон Хабиб, канд. вет. наук, заместитель директора ИВМ ТАСХН, г. Душанбе, Республика Таджикистан; <https://orcid.org/0009-0005-0536-4617>, sulaimon.habibi@mail.ru

Sulaimon Kh. Nazrullozoda, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Deputy Director, Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan; <https://orcid.org/0009-0005-0536-4617>, sulaimon.habibi@mail.ru

Шарипов Рустам Миралиевич, канд. вет. наук, заведующий лабораторией вирусологии ИВМ ТАСХН, г. Душанбе, Республика Таджикистан; <https://orcid.org/0009-0000-8176-0682>, rustam.sh1719@mail.ru

Rustam M. Sharipov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Laboratory of Virology, Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan; <https://orcid.org/0009-0000-8176-0682>, rustam.sh1719@mail.ru

Косимов Самандар Миралиевич, научный сотрудник лаборатории вирусологии ИВМ ТАСХН, г. Душанбе, Республика Таджикистан; <https://orcid.org/0009-0006-9855-0108>, samandar-2019@inbox.ru

Samandar M. Kosimov, Researcher, Laboratory of Virology, Institute of Veterinary Medicine of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Republic of Tajikistan; <https://orcid.org/0009-0006-9855-0108>, samandar-2019@inbox.ru

Бьядовская Ольга Петровна, канд. биол. наук, заведующий референтной лабораторией болезней крупного рогатого скота ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8326-7151>, bjadovskaya@arriah.ru

Olga P. Byadovskaya, Cand. Sci. (Biology), Head of Reference Laboratory for Bovine Diseases, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8326-7151>, bjadovskaya@arriah.ru

Кротова Алена Олеговна, ведущий биолог референтной лаборатории болезней крупного рогатого скота ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8311-4681>, krotova@arriah.ru

Alena O. Krotova, Leading Biologist, Reference Laboratory for Bovine Diseases, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8311-4681>, krotova@arriah.ru

Спрыгин Александр Владимирович, д-р биол. наук, старший научный сотрудник референтной лаборатории болезней крупного рогатого скота, заведующий лабораторией молекулярных и генетических исследований ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5982-3675>, sprygin@arriah.ru

Alexander V. Sprygin, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Reference Laboratory for Bovine Diseases, Head of Molecular and Genetic Research Laboratory, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5982-3675>, sprygin@arriah.ru

Вклад авторов: Атовуллозода Р. А. – разработка концепции, ресурсное обеспечение, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта; Шумилова И. Н. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта; Коренной Ф. И. – картографическая визуализация, подготовка и редактирование текста; Амирбеков М. А. – проведение исследований; Назруллозода С. Х. – проведение исследований, разработка методологии, подготовка и редактирование текста; Шарипов Р. М. – проведение исследований; Косимов С. М. – проведение исследований; Бьядовская О. П. – подготовка и редактирование текста; Кротова А. О. – подготовка и редактирование текста; Спрыгин А. В. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта.

Contribution of the authors: Atovullozoda R. A. – concept development, resource provision, text preparation and editing, approval of the final version; Shumilova I. N. – text preparation and editing, approval of the final version; Korennoy F. I. – cartographic visualization, text preparation and editing; Amirbekov M. A. – conducting research; Nazrullozoda S. Kh. – conducting research, methodology development, text preparation and editing; Sharipov R. M. – conducting research; Kosimov S. M. – conducting research; Byadovskaya O. P. – text preparation and editing; Krotova A. O. – text preparation and editing; Sprygin A. V. – text preparation and editing, approval of the final version.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-67-73>

УДК 619:578.833.31:615.371.001.76



Оптимизация условий транзientной трансфекции производственных линий клеток млекопитающих для экспрессии антигена E2 вируса классической чумы свиней

А. Г. Галеева^{1,2}, Ю. А. Кузнецова¹, А. Р. Ахунова¹, Н. И. Хаммадов^{1,2}, К. С. Хаертынов^{1,3}, Рин. С. Мухаммадиев¹, М. А. Ефимова^{1,2}

¹ ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»), Научный городок-2, г. Казань, 420075, Республика Татарстан, Россия

² ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Институт «Казанская академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана», ул. Сибирский Тракт, 35, г. Казань, 420029, Республика Татарстан, Россия

³ Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (КГМА – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России), ул. Муштари, 11, г. Казань, 420012, Республика Татарстан, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Несмотря на отсутствие в Российской Федерации с 2021 г. зарегистрированных случаев классической чумы свиней, для получения статуса зоны, свободной от данного заболевания, необходимо внедрение эффективных и безопасных вакцин, соответствующих стратегии DIVA. В качестве потенциальных инструментов для создания рекомбинантной субъединичной вакцины рассматриваются различные системы экспрессии; перспективным представляется синтез антигена E2 в клетках млекопитающих.

Цель исследования. Оптимизация условий транзientной трансфекции производственных линий клеток млекопитающих для экспрессии антигена E2 вируса классической чумы свиней.

Материалы и методы. Нуклеотидная последовательность, кодирующая фрагмент антигена E2 протяженностью 188 а. о., была клонирована в вектор pVAX1. Транзientная трансфекция проводилась двумя общедоступными методами: кальций-фосфатным и катионным (при помощи разветвленного полиэтиленгликоля) – в отношении трех производственных клеточных линий млекопитающих: СНО-К1, РК-15, ВНК-21/13. Контроль эффективности экспрессии осуществлялся методами иммунофлуоресценции, количественной полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией, иммуноферментного анализа.

Результаты. Было установлено, что все рассматриваемые клеточные линии подвергались трансфекции с эффективностью от 60 до 90%. Выживаемость клеток через 24 ч после проведения трансфекции составляла не менее 87%, наименьшие показатели регистрировались при проведении кальций-фосфатной трансфекции с первичной инкубацией 12 ч. Проведение трансфекции во всех случаях сопровождалось экспрессией специфических матричных РНК. Наибольший выход рекомбинантного белка E2 молекулярной массой 17,3 кДа был характерен для линии СНО-К1 (до 47,4 мг/л), наименьший – для линии ВНК-21/13 (до 24,1 мг/л). Коэффициент специфичности в антигенном варианте непрямого иммуноферментного анализа со специфическими антителами для всех вариантов экспрессируемого белка варьировал в диапазоне 5,1–6,2 ед.

Заключение. Все представленные в исследовании клеточные линии обладали удовлетворительной трансфицируемостью, что в совокупности с их свойствами (высокой скоростью пролиферации, адаптацией к бессывороточным средам) позволяет использовать их для стабильной экспрессии. И кальций-фосфатный метод, и катионный обеспечивают высокую эффективность трансфекции, относительно низкую цитотоксичность и воспроизводимость. Применение рассматриваемых методов контроля целесообразно в совокупности на этапе конструирования экспрессионных систем, однако в производственных условиях основным критерием их функциональности является тотальный выход специфического рекомбинантного белка, регистрируемый при помощи антигенного иммуноферментного анализа.

Ключевые слова: классическая чума свиней, клетки млекопитающих, транзientная экспрессия генов, рекомбинантный антиген, иммунофлуоресценция, матричные РНК, иммуноферментный анализ

Благодарности: 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 № 4/2025-ПД-ВНИВИ).

Для цитирования: Галеева А. Г., Кузнецова Ю. А., Ахунова А. Р., Хаммадов Н. И., Хаертынов К. С., Мухаммадиев Рин. С., Ефимова М. А. Оптимизация условий транзientной трансфекции производственных линий клеток млекопитающих для экспрессии антигена E2 вируса классической чумы свиней. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 67–73. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-67-73>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Галеева Антонина Глебовна, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вирусных антропоонозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», Научный городок-2, г. Казань, 420075, Республика Татарстан, Россия, antonina-95@yandex.ru

Optimizing transient transfection conditions in mammalian cell production lines for expression of classical swine fever virus E2 antigen

Antonina G. Galeeva^{1,2}, Yulia A. Kuznetsova¹, Alsu R. Akhunova¹, Nail I. Khammadvov^{1,2}, Kamil S. Khaertynov^{1,3}, Rinat S. Mukhammadiev¹, Marina A. Efimova^{1,2}

¹ Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchnyi gorodok-2, Kazan 420075, Republic of Tatarstan, Russia

² Kazan State Agricultural University, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, ul. Sibirskiy Tract, 35, Kazan 420029, Republic of Tatarstan, Russia

³ Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, ul. Mushtari, 11, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russia

© Галеева А. Г., Кузнецова Ю. А., Ахунова А. Р., Хаммадов Н. И., Хаертынов К. С., Мухаммадиев Рин. С., Ефимова М. А., 2026

ABSTRACT

Introduction. Despite no cases of classical swine fever (CSF) have been recorded in the Russian Federation since 2021, gaining official recognition, as a disease-free zone, will require adoption of effective, safe vaccines compatible with the DIVA strategy. A range of expression systems is being evaluated as potential platforms for a recombinant subunit vaccine; synthesizing the E2 antigen in mammalian cells appears to be a particularly promising approach.

Objective. Optimizing transient transfection conditions in mammalian cell production lines for expression of classical swine fever virus (CSFV) E2 antigen.

Materials and methods. The nucleotide sequence encoding a 188-amino acid fragment of the E2 antigen was cloned into the pVAX1 vector. Transient transfection was performed using two common methods – calcium-phosphate and cationic (employing branched polyethylenimine, PEI) – on three established mammalian production cell lines: CHO-K1, PK-15, and BHK-21/13. Expression efficiency was controlled using immunofluorescence, quantitative reverse transcription polymerase chain reaction, and enzyme-linked immunosorbent assay.

Results. It was determined that all the cell lines evaluated underwent transfection with an efficiency ranging from 60 to 90%. Cellular viability 24 hours post-transfection was at least 87%, with the lowest rates observed following calcium-phosphate transfection using an initial 12-hour incubation period. In all cases, transfection was accompanied by expression of specific messenger RNAs. The highest yield of the 17.3 kDa recombinant E2 protein was achieved in the CHO-K1 cell line (up to 47.4 mg/L), while the lowest yield was observed in the BHK-21/13 line (up to 24.1 mg/L). The specificity ratio in the antigen variant of the indirect enzyme-linked immunosorbent assay using specific antisera ranged from 5.1 to 6.2 units for all the expressed protein variants.

Conclusion. All the cell lines presented in the study demonstrated satisfactory transfection efficiency. Combined with their properties – such as high proliferation rates and adaptation to serum-free media – this makes them suitable for stable expression. Both the calcium-phosphate and cationic methods provide high transfection efficiency, relatively low cytotoxicity, and good reproducibility. The combined use of these control methods is advisable during the design phase of expression systems. In a production setting, however, the primary metric of their functionality is the overall yield of the specific recombinant protein, as determined by antigen-specific enzyme-linked immunosorbent assay.

Keywords: classical swine fever, mammalian cells, transient gene expression, recombinant antigen, immunofluorescence, messenger RNAs, enzyme-linked immunosorbent assay

Acknowledgements: The work was carried out using 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 (agreement No. 4/2025-PD-VNIVI).

For citation: Galeeva A. G., Kuznetsova Yu. A., Akhunova A. R., Khammatov N. I., Khaertynov K. S., Mukhammadiev Rin. S., Efimova M. A. Optimizing transient transfection conditions in mammalian cell production lines for expression of classical swine fever virus E2 antigen. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 67–73. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-67-73>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Antonina G. Galeeva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Laboratory for Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchnyi gorodok-2, Kazan 420075, Republic of Tatarstan, Russia, antonina-95@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Классическая чума свиней (КЧС), вызываемая РНК-содержащим *Pestivirus C*, является одним из наиболее опасных вирусных заболеваний представителей семейства *Suidae* и сопровождается геморрагическим синдромом [1, 2]. Вирус КЧС поражает преимущественно эндотелиальные клетки и макрофаги, одновременно стимулируя апоптоз Т-клеток, индуцируя выраженную иммуносупрессию; острая инфекция чаще всего завершается летальным исходом, однако в ряде случаев на фоне выработки вируснейтрализующих антител наблюдается реконвалесценция либо переход заболевания в хроническую форму [3, 4]. В эндемичных по КЧС странах, как правило, применяются живые аттенуированные вакцины, однако способность вакцинных штаммов реплицироваться в организме хозяина затрудняет дифференциацию вакцинированных животных от инфицированных (стратегия DIVA), что обуславливает проведение политики ограничения вакцинации в неэндемичных странах. Таким образом, в Российской Федерации существует потребность в разработке эффективных и безопасных маркированных вакцин для контроля возможных вспышек КЧС и в перспективе для получения статуса зоны, свободной от КЧС, декларируемого Всемирной организацией здравоохранения животных [5, 6].

В контексте разработок экспериментальных субъединичных вакцин имеются сведения об успешном использовании различных систем экспрессии для биосинтеза мажорного гликопротеина E2. Ранее нами был получен прокариотический аналог гликопротеина E2 [7], синтезируемый преимущественно в виде телец включения, что влекло за собой проведение обширных этапов хроматографической очистки и рефолдинга и, как следствие, относительно низкий выход очищенного биоактивного продукта.

В качестве альтернативы коли-экспрессии может рассматриваться экспрессия генов в клетках млекопитающих, основными преимуществами которой считаются посттрансляционные модификации, близкие к нативным, а также растворимость и фолдинг рекомбинантных белков, совместимые со сверхэкспрессией [8]. Для дальнейшего масштабирования экспрессия в клетках млекопитающих должна быть недорогой и высокопроизводительной, в связи с чем возникла необходимость создания оптимизированной генетической конструкции, подбора производственной клеточной линии – потенциального продуцента рекомбинантного вакцинного антигена – и адаптации известных протоколов трансфекции к условиям данной технологической задачи.

Цель настоящей работы – оптимизация условий транзientной трансфекции производственных линий клеток млекопитающих для экспрессии антигена E2 вируса КЧС. Для ее достижения решались следующие задачи:

а) оценка пригодности клеточных линий CHO-K1, PK-15, BHK-21/13 для транзientной экспрессии гена, кодирующего фрагмент гликопротеина E2;

б) сравнение эффективности общедоступных методов невирусной доставки ДНК (кальций-фосфатной и катионной);

в) апробирование разработанных методов контроля эффективности экспрессии: иммунофлуоресценции (РИФ) на культуре клеток, количественной оценки матричных РНК (мРНК) и иммуноферментного анализа (ИФА) в антигенном варианте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Получение рекомбинантной ДНК. Нуклеотидную последовательность, кодирующую усеченный белок E2 вируса

КЧС штамма «Ши-Мынь» (GenBank ID AF092448.2), клонировали в вектор pVAX1 (ЗАО «Евроген», Россия) по сайтам рестрикции *Bam*HI и *Eco*RI. Идентичность созданной конструкции подтверждена секвенированием по Сэнгеру. Рекомбинантная плазмида была реципирована в клетки *Escherichia coli* штамма DH5a (Novagen, Германия), наработана и выделена при помощи системы Midiprep (ЗАО «Евроген», Россия). Концентрацию плазмиды измеряли на спектрофотометре Nano-500 (Allsheng, Китай); чистоту образца оценивали по соотношению поглощения на длинах волн 260 и 280 нм, которое при отсутствии загрязнения полипептидами либо свободными нуклеотидами составляет 1,8–2,0 ед.

Культивирование клеток. Монослойные клетки яичника китайского хомячка (CHO-K1, ATCC[®] CCL 61), почки сирийского хомячка (ВНК-21/13, ATCC[®] CCL 10), почки свиньи (PK-15, ATCC[®] CCL 33) выращивали в культуральных флаконах объемом 75 см³ и чашках диаметром 100 мм (Biologix Group Ltd., Китай) в среде DMEM-F12 (НПП «ПанЭко», Россия) с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки (HyClone, Австралия), 100 МЕ/мл пенициллина и стрептомицина (НПП «ПанЭко», Россия), 20 мМ L-глутамин (Sigma-Aldrich, США) при 37 °С в атмосфере 5%-го CO₂ с исходной концентрацией 10 × 10⁶ кл/мл. В ходе контроля контаминации бактерии, микоплазмы и возбудитель вирусной диареи крупного рогатого скота не обнаруживались.

Проведение трансфекции. Условия кальций-фосфатной (КФТ) и катионной (PEI) трансфекций производственных клеточных линий приведены в таблице.

Жизнеспособность клеток определяли через 24 ч после трансфекции в 96-луночных культуральных планшетах (Corning Incorporated, США) при помощи колориметрического метилтетразолиевого (МТТ) теста. В каждую лунку на 100 мкл свежей питательной среды добавляли по 10 мкл МТТ-реактива (Wuhan Servicebio Technology Co., Ltd., Китай) и инкубировали в течение 3,5 ч в стандартных условиях. Образовавшиеся кристаллы формазана растворяли в эквивалентном объеме диметилсульфоксида, после чего измеряли поглощение в каждой лунке при длине волны 570 нм. Долю жизнеспособных клеток рассчитывали по соотношению показателей лунок с трансфицированными и интактными клетками.

Оценка уровней экспрессии матричных РНК. Транскрипционную активность фрагмента гена E2 оценивали путем количественного определения его продукта – специфических мРНК. Нуклеиновые кислоты из трансфицированных клеток выделяли при помощи набора реагентов «РИБО-сорб» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия); выделенные образцы обрабатывали ДНКазой (НПК «Синтол», Россия) из расчета 1 ед. на 10 нг ДНК и инкубировали 1 ч при 37 °С с последующей инактивацией в течение 5 мин при 80 °С. Для проведения амплификации использовали реакционную смесь следующего состава (на одну пробу объемом 20 мкл): 4 мкл готовой ПЦР-смеси 5x qPCRmix-HS SYBR, 5 пМ прямого (5'-CGTCAACCAATGAGATA GGGCTGT-3') и обратного (5'-GCACAGCCCGAATCCGAAGT-3') праймеров, 100 ед. MMLV-ревертазы (ЗАО «Евроген», Россия), 15 нг РНК-матрицы, ddH₂O – до 20 мкл. Для построения калибровочной кривой использовали 10-кратные разведения рекомбинантной плазмиды pVAX1-trE2. Полимеразную цепную реакцию с обратной транскрипцией в режиме реального времени (ОТ-ПЦР-РВ) проводили на амплификаторе C1000 с оптическим блоком CFX96 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США) согласно следующей программе: 1 – обратная транскрипция при 37 °С в течение 5 мин; 2 – денатурация ДНК при 95 °С в течение 5 мин; 3 – 35 циклов, состоящих из 30 с при 94 °С, 30 с при 56 °С, 25 с при 72 °С; 4 – элонгация при 72 °С в течение 10 мин. Графический анализ кривых плавления ампликонов проводили в про-

грамме CFX Manager (Bio-Rad Laboratories, Inc., США); количество копий мРНК в образце представлено из расчета на 1 мкг суммарной РНК.

Реакция иммунофлуоресценции на культуре клеток. Окрашивание трансфицированных клеток проводили ФИТЦ-конъюгатом поликлональных антител свиньи к вирусу КЧС (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ») в рабочем разведении 1:500, как описано в предыдущей работе авторов [9].

Выделение целевого белка. Через 48–72 ч после трансфекции клетки с поверхности культуральных флаконов снимали механически при помощи скребков. Клетки из суспензии осаждали при 3000 g в течение 15 мин, осадок заливали 1 мл охлажденного RIPA-буфера (50 мМ трис-НСI, pH 7,4; 150 мМ NaCl; 1 мМ этилендиаминтетрауксусной кислоты; 1% Triton X-100; 0,1% дезоксихолата натрия; 0,1% SDS додецилсульфата натрия; 0,1 мМ фенилметилсульфонил фторид) и инкубировали в течение 30 мин во льду, после чего повторно осаждали клетки. Наличие белка в супернатанте подтверждали методом аналитического электрофореза в 15%-м полиакриламидном геле в денатурирующих условиях; активность по отношению к специфическим антисывороткам оценивали в ИФА с применением ранее разработанной тест-системы для контроля специфичности рекомбинантного антигена вируса КЧС [10].

Статистический анализ проводили при помощи программного обеспечения GraphPad Prism 10.4 (GraphPad Software, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе биоинформационного анализа был идентифицирован фрагмент аминокислотной последовательности, характеризующийся наибольшей плотностью расположения В-клеточных КЧС-специфических эпитопов протяженностью 188 аминокислот (690–878 а. о.). Согласно результатам pBLAST-анализа консервативность данного участка среди представителей 1-го и 2-го генотипов вируса КЧС составляет

Таблица
Условия проведения трансфекции на культуральных чашках (Ø 100 мм)

Table
Transfection conditions on culture plates (Ø 100 mm)

Показатель	Кальций-фосфатная трансфекция (КФТ)	Катионная трансфекция (PEI)
Посевная концентрация клеток	(6 – 10) × 10 ⁵ кл/мл	
Конфлюэнтность клеток на момент трансфекции, %	70	70–85
Состав смеси:		
Раствор А	2,5 М CaCl ₂ – 30 мкл Плазмидная ДНК – 10–20 мкг ddH ₂ O – до 300 мкл	Бессывороточная среда – 100 мкл Плазмидная ДНК – 2–4 мкг
Раствор Б	НБС-буфер, pH 7,05 – 300 мкл Полная среда – до 5–6 мл	Бессывороточная среда – 100 мкл PEI – 6–16 мкл
Образование комплексов	Раствор А приливали по каплям к раствору Б (3–5 мин при комнатной температуре)	Раствор Б приливали по каплям к раствору А (15 мин при комнатной температуре)
Продолжительность инкубации	6–12 ч	4–12 ч
Посттрансфекционное культивирование	48–72 ч	48–72 ч

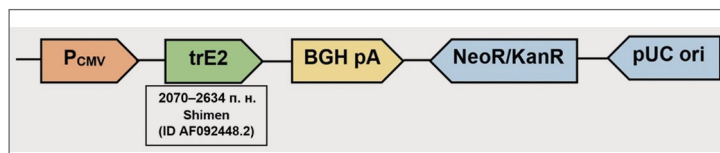


Рис. 1. Структура генетической конструкции на основе вектора pVAX1: P_{CMV} – цитомегаловирусный промотор; trE2 – последовательность, кодирующая усеченный белок E2 вируса КЧС (участок 2070–2634 п. н. по штамму «Ши-Мынь»); BGH pA – сигнал полиаденилирования бычьего гормона роста; NeoR/KanR – гены устойчивости к селективным антибиотикам (неомицину и канамицину); pUC ori – инициатор репликации

Fig. 1. Structure of the genetic construct based on the pVAX1 vector: P_{CMV} – cytomegalovirus promoter; trE2 – sequence encoding the truncated E2 protein of CSFV (nucleotides 2,070–2,634 of the Shimen strain); BGH pA – bovine growth hormone polyadenylation signal; NeoR/KanR – genes conferring resistance to selective antibiotics (neomycin and kanamycin); pUC ori – origin of replication

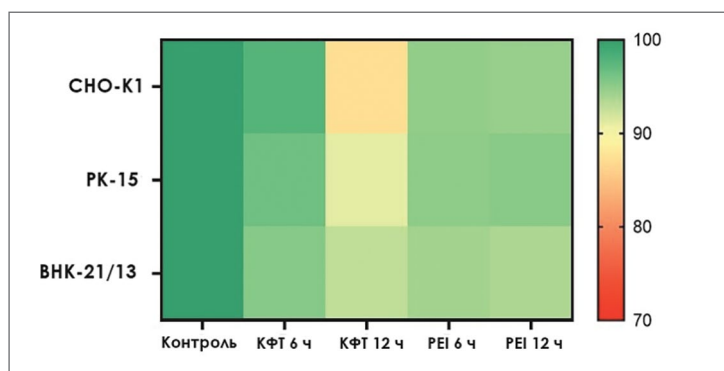


Рис. 2. Результаты анализа жизнеспособности производственных клеточных линий через 24 ч после КФТ и PEI методом МТТ-теста

Fig. 2. Cell viability results for production cell lines 24 hours after calcium phosphate transfection and PEI using MTT assay

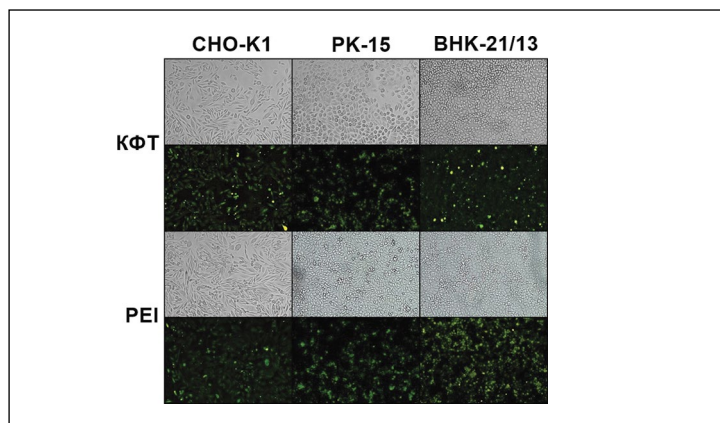


Рис. 3. Флуоресцентный контроль трансфекции (48 ч) производственных клеточных линий

Fig. 3. Fluorescence-based monitoring of transfection (48 hours) in production cell lines

от 91,19 до 98,74%. Также он не обладает гомологией в отношении аналогичного участка протеома вируса вирусной диареи КРС, что является критическим фактором в выборе последовательности диагностического антигена. Для конечной аминокислотной последовательности, фланкированной гексагистидиновым тегом, была выполнена обратная трансляция; синтезированная нуклеотидная последовательность с консенсусной последовательностью Козак перед старт-

кодом была клонирована в целевой вектор pVAX1. Схема конструкции представлена на рисунке 1.

Через 24 ч после проведения трансфекции клеточных линий CHO-K1, PK-15 и BHK-21/13 была оценена их жизнеспособность (рис. 2).

Диаграмма показывает, что доля жизнеспособных клеток при применении обоих методов трансфекции с соблюдением указанных периодов инкубации с трансфицирующими агентами составляет не менее 87%. При этом при катионной трансфекции в течение 6–12 ч, а также при КФТ с продолжительностью первичной инкубации не более 6 ч выживаемость клеток превышает 93,6%. Более низкие показатели жизнеспособности (87,2–92,8%) регистрировались при КФТ с условием первичной инкубации до 12 ч. Вероятно, это связано с тем, что преципитаты кальция при продолжительной инкубации оказывают цитотоксический эффект.

На следующем этапе исследования решалась задача сравнительной оценки различных методов контроля эффективности трансфекции, а именно прямой РИФ на трансфицированных клетках, количественного анализа мРНК в ОТ-ПЦР-РВ и антигенного ИФА.

Согласно данным РИФ на культуре клеток, через 48 ч эффективность трансфекции варьировала от 60 до 90%. Наибольший показатель регистрировался при анализе монослоев линии CHO-K1: 87% для КФТ и 90% для PEI. Несколько ниже оценивалась доля флуоресцирующих клеток линии PK-15: 82% для КФТ и 85% для PEI. Наименьшая эффективность наблюдалась при трансфекции линии BHK-21/13: 80 и 65% соответственно (рис. 3).

Помимо РИФ, являющейся базовым методом оценки эффективности трансфекции, был проведен анализ экспрессии мРНК. Считается, что измерения, проводимые по уровням белка и мРНК, являются взаимодополняющими и необходимы для комплексной оценки экспрессии генов. Протокол ОТ-ПЦР-РВ предварительно апробировали на 10-кратных разведениях контрольной плазмиды pVAX1-trE2 (исходная концентрация 50 нг/мкл). Было установлено, что показатель линейности реакции (R^2) составил 0,994, наклон линии (пороговое значение Ct между двумя разведениями ДНК) – минус 3,748, теоретический предел обнаружения реакции ($y-int$) – 29,288, эффективность реакции (E) – 94,8%. Результаты оценки уровней специфических мРНК, рассчитанных при помощи ОТ-ПЦР-РВ, представлены на рисунке 4.

Известно, что в клетке соотношение белка и мРНК определяется процессами трансляции и деградации белка – процессами, которые регулируются на геноспецифическом уровне [11]. Общая корреляция между концентрациями мРНК и белка у многоклеточных эукариот считается значимой, но умеренной по сравнению с бактериями и дрожжами: количество молекул белка на транскрипт может сильно варьироваться [12, 13]. Поэтому более объективной оценкой функциональности экспрессионной системы, особенно в условиях производства, будет являться количественный выход белка в совокупности с определением его специфичности доступным серологическим методом (рис. 5).

Согласно расчетным данным белок гЕ2 с прогнозируемой молекулярной массой 17,3 кДа является стабильным и растворимым. Указанные показатели не отличались среди вариантов белка, экспрессируемых всеми тремя продуцентами, что может свидетельствовать о схожести паттернов посттрансляционных модификаций. Это подтверждается сопоставимой активностью всех вариантов белка в ИФА: коэффициент позитивности варьировал в диапазоне 5,1–6,2. Наибольший выход рекомбинантного белка обеспечивала линия CHO-K1 (35,6–47,4 мг/л), наименьший – BHK-21/13 (19,3–24,1 мг/л), что согласуется с утверждением о влиянии происхождения клеток на эффективность трансфекции в схожих условиях [14]. Несмотря на то что большую эффективность

трансфекции по уровням транскриптов обеспечивал катионный метод, КФТ позволяла достичь в среднем на $(8,7 \pm 1,4)\%$ большего выхода функционального продукта.

В литературе описан опыт наработки рекомбинантного гликопротеина E2 вируса КЧС в клетках млекопитающих. Так, в работе R.-H. Hua et al. [15] сообщается о получении стабильно экспрессирующей линии ВНК-21 при помощи вектора рСAG с продуктивностью до 45 мг/л; рекомбинантный белок обеспечивал 100%-ю защиту свиней при летальном заражении. Tian H. et al. [16] удалось создать усеченный белок E2, содержащий КЧС-специфические домены и вызывавший сероконверсию у кроликов, в клетках PK-15, трансфицированных ретровирусным вектором рVABE риго. Использование клеточной линии CHO также обеспечивало значительный вход рекомбинантного E2: L. Feng et al. [17] получены стабильные трансгенные клетки rCHO с динамическим промотором Txp1r, что легло в основу стратегии индуцируемой экспрессии. Таким образом, экспрессия в клетках млекопитающих является эффективным инструментом масштабного биосинтеза сложных гликопротеинов, применимым в разработке кандидатных субъединичных вакцин [18, 19, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании рассмотрено применение стандартных методов трансфекции в отношении нескольких производственных клеточных линий млекопитающих для получения рекомбинантного антигена E2 вируса КЧС, а также методы контроля эффективности экспрессии. Было установлено, что клеточные линии CHO-K1, PK-15, ВНК-21/13 успешно подвергаются трансфекции в стандартных условиях с эффективностью до 90%, при этом наибольшая трансфицируемость, как и наибольший тотальный выход целевого белка, были характерны для линии CHO-K1. Ввиду того, что всем рассматриваемым клеточным линиям присущи высокая скорость пролиферации, простота культивирования, в том числе суспензионного, адаптация к бессывороточным средам, они имеют высокий потенциал использова-

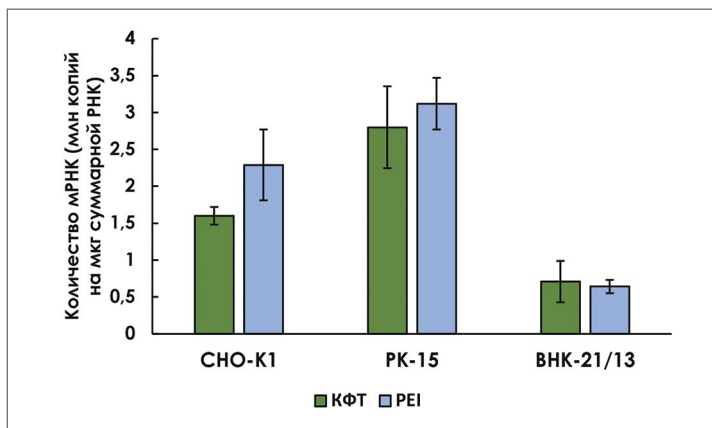


Рис. 4. Количественная оценка экспрессии специфических мРНК

Fig. 4. Quantitative assessment of specific mRNA expression

ния для получения клональных линий-продуцентов в зависимости от конкретных технологических задач. Также установлено, что оба рассматриваемых метода – КФТ и PEI – обеспечивали достаточно высокую эффективность трансфекции и сопоставимые уровни выхода целевого белка; их достоинствами являются экономичность и воспроизводимость.

Сравнительная оценка методов контроля эффективности трансфекции – РИФ, количественной ПЦР и непрямого ИФА – показала, что на этапе конструирования экспрессионных систем их целесообразно применять комплексно. Проведение РИФ с использованием ФИТЦ-меченых поликлональных антител хотя и является информативной на начальных этапах синтеза белка, требует постоянного контроля контаминации клеточных линий и фетальных сывороток крови крупного рогатого скота вирусом вирусной диареи, которая приводит к ложноположительным результатам. Количественная детекция мРНК не всегда

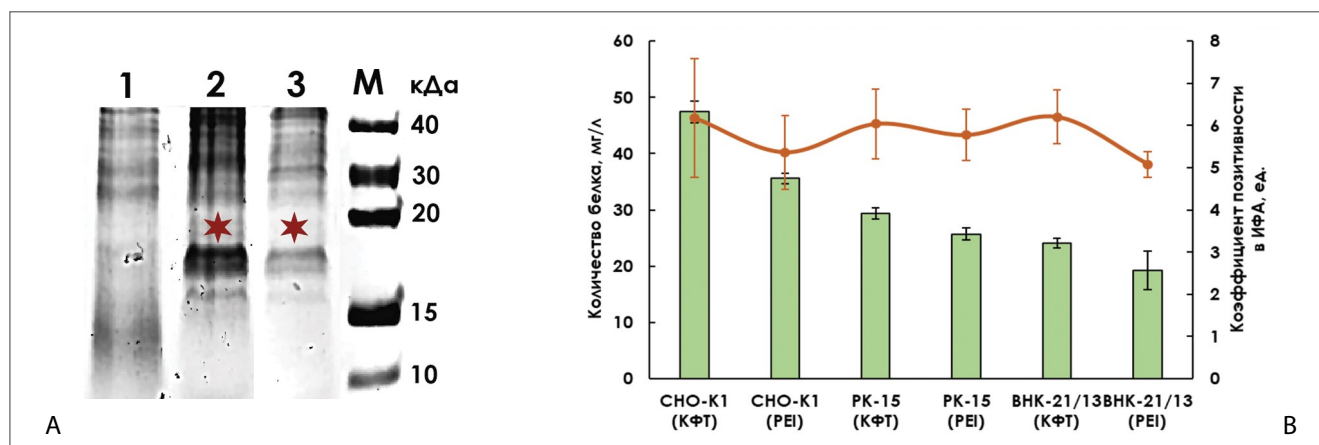


Рис. 5. Анализ функциональности экспрессионных систем на основе вектора pVAX1 и клеточных линий CHO-K1, PK-15, ВНК-21/13: А – электрофорезграмма лизатов трансфицированных клеток приоритетного продуцента (CHO-K1), где трек 1 – отрицательный контроль (лизат клеток, трансфицированных исходной плазмидой pVAX1 без вставки), треки 2 и 3 – лизаты клеток, трансфицированных плазмидой pVAX1-E2 (целевая полипептидная фракция отмечена знаком *), М – маркер молекулярных масс Prestained Protein Marker IV (Wuhan Servicebio Technology Co., Ltd., Kumaй); В – оценка количественного выхода и специфичности рекомбинантного усеченного белка E2 (данные ИФА представлены для растворов с концентрацией антигена 1 мкг/мл)

Fig. 5. Functional analysis of the expression systems based on the pVAX1 vector and cell lines CHO-K1, PK-15, and ВНК-21/13. А – electrophoretogram of cell lysates from the primary producer (CHO-K1): lane 1 – negative control (lysate of cells transfected with the original pVAX1 plasmid without insert); lanes 2 and 3 – lysates of cells transfected with the pVAX1-E2 plasmid (target polypeptide fraction marked with *); М – molecular weight marker Prestained Protein Marker IV (Wuhan Servicebio Technology Co., Ltd., China); В – assessment of the quantitative yield and specificity of the recombinant truncated E2 protein (ELISA data presented for antigen solutions at 1 µg/mL concentration)

коррелирует с выходом целевого продукта, поэтому применение этого метода оправданно лишь при необходимости первичной оценки транскрипционной активности гена. В условиях производства наиболее точным ориентиром является тотальный выход целевого белка, что удобно контролировать в количественном или полуквантитативном варианте ИФА, особенно при работе со стабильно экспрессирующими клеточными линиями.

Несмотря на то что в данной работе для тестовой экспрессии использовали нуклеотидную последовательность, кодирующую усеченный антиген диагностического назначения – фрагмент гликопротеина E2 с наибольшей плотностью расположения КЧС-специфических доменов, описанные подходы при условии грамотного дизайна конструкции, кодирующей полноразмерный гликопротеин, актуальны для разработки рекомбинантной субъединичной вакцины против КЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mahadevaswamy R., Muruganatham V., Ramesh V., Mambully S., Suresh K. P., Hiremath J., et al. Global population dynamics and evolutionary selection in classical swine fever virus complete genomes: insights from Bayesian coalescent analysis. *Virus Genes*. 2025; 61 (4): 464–473. <https://doi.org/10.1007/s11262-025-02154-2>
- Huang Y.-C., Deng M.-C., Huang Y.-L., Tsai K.-J., Liu H.-M., Liu I.-L., et al. Classical swine fever virus genotype 2.1 triggers stronger inflammatory and immune responses in porcine alveolar macrophages than genotype 3.4. *Developmental and Comparative Immunology*. 2025; 172:105496. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2025.105496>
- Blome S., Staubach C., Henke J., Carlson J., Beer M. Classical swine fever – an updated review. *Viruses*. 2017; 9 (4):86. <https://doi.org/10.3390/v9040086>
- Yamashita M., Iwamoto S., Ochiai M., Yamamoto A., Sudo K., Narushima R., et al. Pathogenicity of genotype 2.1 classical swine fever virus isolated from Japan in 2019 in pigs. *Microbiology and Immunology*. 2024; 68 (8): 267–280. <https://doi.org/10.1111/1348-0421.13160>
- Ganges L., Núñez J. I., Sobrino F., Borrego B., Fernández-Borges N., Frías-Lepoureau M. T., Rodríguez F. Recent advances in the development of recombinant vaccines against classical swine fever virus: cellular responses also play a role in protection. *The Veterinary Journal*. 2008; 177 (2): 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.01.030>
- Алексеев К. П., Забережный А. Д., Верховский О. А., Мусянко М. И., Шемельков Е. В., Южаков А. Г., Алипер Т. И. Вакцина субъединичная маркированная против классической чумы свиней, способ ее получения и применения. Патент № 2808703 Российская Федерация, МПК А61К 39/187, С12Н 7/00. ООО «Ветбиохим». № 2023105741. Заявл. 13.03.2023. Опубл. 01.12.2023. Бюл. № 34.
- Галеева А. Г., Ахунова А. Р., Хаммадов Н. И., Яруллина Г. М., Ефимова М. А. Гетерологичная экспрессия рекомбинантных антигенов вируса классической чумы свиней и цирковируса свиней 2-го типа. *Ветеринария*. 2024; (10): 25–31. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.10.25-31>
- Hopkins R. F., Wall V. E., Esposito D. Optimizing transient recombinant protein expression in mammalian cells. In: *Protein Expression in Mammalian Cells. Methods in Molecular Biology. Ed. by J. L. Hartley. Vol. 801.* Frederick: Humana Press; 2012; Chapter 16: 251–268. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-352-3_16
- Ахунова А. Р., Насыров Ш. М., Галеева А. Г., Арутюнян Г. С., Ефимова М. А., Гулюкин М. И. Применение прямой реакции иммунофлуоресценции в технологическом контроле матричных раскладок вируса классической чумы свиней. *Ветеринарный врач*. 2024; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/mnswgwm>
- Насыров Ш. М., Ахунова А. Р., Галеева А. Г., Яруллина Г. М., Самерханов И. И., Андреева А. В. Твердофазная иммуоферментная тест-система для производственного контроля специфичности рекомбинантного антигена вируса КЧС. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2024; (3): 228–335. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-107-3-228-235>
- Gebauer F., Hentze M. W. Molecular mechanisms of translational control. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2004; 5 (10): 827–835. <https://doi.org/10.1038/nrm1488>
- De Sousa Abreu R., Penalva L. O., Marcotte E. M., Vogel C. Global signatures of protein and mRNA expression levels. *Molecular BioSystems*. 2009; 5 (12): 1512–1526. <https://doi.org/10.1039/b908315d>
- Greenbaum D., Colangelo C., Williams K., Gerstein M. Comparing protein abundance and mRNA expression levels on a genomic scale. *Genome Biology*. 2003; 4 (9):117. <https://doi.org/10.1186/gb-2003-4-9-117>

14. Kim T. K., Eberwine J. H. Mammalian cell transfection: the present and the future. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2010; 397 (8): 3173–3178. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-3821-6>

15. Hua R.-H., Huo H., Li Y.-N., Xue Y., Wang X.-L., Guo L.-P., et al. Generation and efficacy evaluation of recombinant classical swine fever virus E2 glycoprotein expressed in stable transgenic mammalian cell line. *PLoS ONE*. 2014; 9 (9):e106891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106891>

16. Tian H., Liu X., Wu J., Shang Y., Jiang T., Zheng H., Xie Q. Expression of major antigen domains of E2 gene of CSFV and analysis of its immunological activity. *Virologica Sinica*. 2008; 23 (4): 247–254. <https://doi.org/10.1007/s12250-008-2956-5>

17. Feng L., Chen L., Yun J., Cao X. Expression of recombinant classical swine fever virus E2 glycoprotein by endogenous Txnip promoter in stable transgenic CHO cells. *Engineering in Life Sciences*. 2020; 20 (8): 320–330. <https://doi.org/10.1002/elsc.201900147>

18. Reinhard D., Damjanovic L., Kaisermayer C., Sommeregger W., Gili A., Gasselhuber B., et al. Bioprocessing of recombinant CHO-K1, CHO-DG44, and CHO-S: CHO expression hosts favor either mAb production or biomass synthesis. *Biotechnology Journal*. 2019; 14 (3):e1700686. <https://doi.org/10.1002/biot.201700686>

19. Opefi C. A., Tranter D., Smith S. O., Reeves P. J. Construction of stable mammalian cell lines for inducible expression of G protein-coupled receptors. *Methods in Enzymology*. 2015; 556: 283–305. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2014.12.020>

20. Tossolini I., López-Díaz F. J., Kratje R., Prieto C. C. Characterization of cellular states of CHO-K1 suspension cell culture through cell cycle and RNA-sequencing profiling. *Journal of Biotechnology*. 2018; 286: 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.09.007>

REFERENCES

- Mahadevaswamy R., Muruganatham V., Ramesh V., Mambully S., Suresh K. P., Hiremath J., et al. Global population dynamics and evolutionary selection in classical swine fever virus complete genomes: insights from Bayesian coalescent analysis. *Virus Genes*. 2025; 61 (4): 464–473. <https://doi.org/10.1007/s11262-025-02154-2>
- Huang Y.-C., Deng M.-C., Huang Y.-L., Tsai K.-J., Liu H.-M., Liu I.-L., et al. Classical swine fever virus genotype 2.1 triggers stronger inflammatory and immune responses in porcine alveolar macrophages than genotype 3.4. *Developmental and Comparative Immunology*. 2025; 172:105496. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2025.105496>
- Blome S., Staubach C., Henke J., Carlson J., Beer M. Classical swine fever – an updated review. *Viruses*. 2017; 9 (4):86. <https://doi.org/10.3390/v9040086>
- Yamashita M., Iwamoto S., Ochiai M., Yamamoto A., Sudo K., Narushima R., et al. Pathogenicity of genotype 2.1 classical swine fever virus isolated from Japan in 2019 in pigs. *Microbiology and Immunology*. 2024; 68 (8): 267–280. <https://doi.org/10.1111/1348-0421.13160>
- Ganges L., Núñez J. I., Sobrino F., Borrego B., Fernández-Borges N., Frías-Lepoureau M. T., Rodríguez F. Recent advances in the development of recombinant vaccines against classical swine fever virus: cellular responses also play a role in protection. *The Veterinary Journal*. 2008; 177 (2): 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.01.030>
- Alekseev K. P., Zaberezhnyj A. D., Verkhovskij O. A., Musienko M. I., Shemelkov E. V., Yuzhakov A. G., Aliper T. I. Labeled subunit vaccine against classical swine fever, method of its preparation and use. Patent No. 2808703 Russian Federation. Int. Cl. A61K 39/187, C12N 7/00. ООО “Vetbiokhim”. No. 2023105741. Date of filing: 13.03.2023. Date of publication: 01.12.2023. Bull. No. 34. (in Russ.)
- Galeeva A. G., Akhunova A. R., Khammadow N. I., Yarullina G. M., Efimova M. A. Heterologous expression of recombinant classical swine fever virus and porcine circovirus type 2 antigens. *Veterinariya*. 2024; (10): 25–31. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.10.25-31> (in Russ.)
- Hopkins R. F., Wall V. E., Esposito D. Optimizing transient recombinant protein expression in mammalian cells. In: *Protein Expression in Mammalian Cells. Methods in Molecular Biology. Ed. by J. L. Hartley. Vol. 801.* Frederick: Humana Press; 2012; Chapter 16: 251–268. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-352-3_16
- Ahunova A. A., Nasyrov Sh. M., Galeeva A. G., Arutyunyan G. S., Efimova M. A., Gulyukin M. I. Application of direct fluorescent antibodies test in process control of classical swine fever virus master seeds. *Veterinariya*. 2024; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/mnswgwm> (in Russ.)
- Nasyrov Sh. M., Akhunova A. R., Galeeva A. G., Yarullina G. M., Samerkhanov I. I., Andreeva A. V. Enzyme-linked immunosorbent assay for in-process control of the specificity of the CSF virus recombinant antigen. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2024; (3): 228–335. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-107-3-228-235> (in Russ.)
- Gebauer F., Hentze M. W. Molecular mechanisms of translational control. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 2004; 5 (10): 827–835. <https://doi.org/10.1038/nrm1488>

12. De Sousa Abreu R., Penalva L. O., Marcotte E. M., Vogel C. Global signatures of protein and mRNA expression levels. *Molecular BioSystems*. 2009; 5 (12): 1512–1526. <https://doi.org/10.1039/b908315d>

13. Greenbaum D., Colangelo C., Williams K., Gerstein M. Comparing protein abundance and mRNA expression levels on a genomic scale. *Genome Biology*. 2003; 4 (9):117. <https://doi.org/10.1186/gb-2003-4-9-117>

14. Kim T. K., Eberwine J. H. Mammalian cell transfection: the present and the future. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2010; 397 (8): 3173–3178. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-3821-6>

15. Hua R.-H., Huo H., Li Y.-N., Xue Y., Wang X.-L., Guo L.-P., et al. Generation and efficacy evaluation of recombinant classical swine fever virus E2 glycoprotein expressed in stable transgenic mammalian cell line. *PLoS ONE*. 2014; 9 (9):e106891. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106891>

16. Tian H., Liu X., Wu J., Shang Y., Jiang T., Zheng H., Xie Q. Expression of major antigen domains of E2 gene of CSFV and analysis of its immunological activity. *Virologica Sinica*. 2008; 23 (4): 247–254. <https://doi.org/10.1007/s12250-008-2956-5>

17. Feng L., Chen L., Yun J., Cao X. Expression of recombinant classical swine fever virus E2 glycoprotein by endogenous Tnxi promoter in stable transgenic CHO cells. *Engineering in Life Sciences*. 2020; 20 (8): 320–330. <https://doi.org/10.1002/elsc.201900147>

18. Reinhart D., Damjanovic L., Kaisermayer C., Sommeregger W., Gili A., Gasselhuber B., et al. Bioprocessing of recombinant CHO-K1, CHO-DG44, and CHO-S: CHO expression hosts favor either mAb production or biomass synthesis. *Biotechnology Journal*. 2019; 14 (3):e1700686. <https://doi.org/10.1002/biot.201700686>

19. Opefi C. A., Tranter D., Smith S. O., Reeves P. J. Construction of stable mammalian cell lines for inducible expression of G protein-coupled receptors. *Methods in Enzymology*. 2015; 556: 283–305. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2014.12.020>

20. Tossolini I., López-Díaz F. J., Kratje R., Prieto C. C. Characterization of cellular states of CHO-K1 suspension cell culture through cell cycle and RNA-sequencing profiling. *Journal of Biotechnology*. 2018; 286: 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.09.007>

Поступила в редакцию / Received 23.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.10.2025

Принята к публикации / Accepted 22.12.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Галеева Антонина Глебовна, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вирусных антропоознозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>, antonina-95@yandex.ru

Кузнецова Юлия Александровна, младший научный сотрудник лаборатории вирусных антропоознозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0009-0007-0105-7171>, yulia.nikolaeva111@mail.ru

Ахунова Алсу Рузалева, младший научный сотрудник лаборатории вирусных антропоознозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0009-0006-0211-3334>, aahunova@inbox.ru

Хаммадов Наиль Ильдарович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярно-генетического анализа ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5669-1486>, [nikhammadov@mail.ru](mailto:nikhhammadov@mail.ru)

Хаертынов Камил Саубанович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4764-560X>, khaertkamil@mail.ru

Мухаммадиев Ринат Салаватович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отделения вирусологических и ультраструктурных исследований ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>, tanirtashir@mail.ru

Ефимова Марина Анатольевна, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вирусных антропоознозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-8786-1310>, marina-2004r@mail.ru

Antonina G. Galeeva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Laboratory for Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>, antonina-95@yandex.ru

Yulia A. Kuznetsova, Junior Researcher, Laboratory for Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0009-0007-0105-7171>, yulia.nikolaeva111@mail.ru

Alsu R. Akhunova, Junior Researcher, Laboratory for Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0009-0006-0211-3334>, aahunova@inbox.ru

Nail I. Khammatov, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Head of Laboratory for Molecular and Genetic Analysis, Federal Center for Toxicological, Radiation, and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5669-1486>, [nikhammadov@mail.ru](mailto:nikhhammadov@mail.ru)

Kamil S. Khaertynov, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory for Molecular and Genetic Analysis, Federal Center for Toxicological, Radiation, and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4764-560X>, khaertkamil@mail.ru

Rinat S. Mukhammadiev, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department for Virological and Ultrastructural Research, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>, tanirtashir@mail.ru

Marina A. Efimova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory for Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation, and Biological Safety, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-8786-1310>, marina-2004r@mail.ru

Вклад авторов: Галеева А. Г. – концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, подготовка текста; Кузнецова Ю. А. – проведение экспериментов, сбор материала; Ахунова А. Р. – проведение экспериментов, подготовка текста; Хаммадов Н. И. – биоинформатический анализ, работа с литературой; Хаертынов К. С. – проведение экспериментов, интерпретация данных; Мухаммадиев Рин. С. – проведение экспериментов, интерпретация данных; Ефимова М. А. – администрирование, анализ и обобщение результатов исследования.

Contribution of the authors: Galeeva A. G. – development of the study design, literature analysis, conducting experiments, preparation of the paper text; Kuznetsova Yu. A. – conducting experiments, data collection; Akhunova A. R. – conducting experiments, preparation of the paper text; Khammatov N. I. – bioinformatics analysis, literature analysis; Khaertynov K. S. – conducting experiments, data interpretation; Mukhammadiev Rin. S. – conducting experiments, data interpretation; Efimova M. A. – administering, study result analysis and generalization.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-74-86>
УДК 619:616.98:578.833.31:616-036.22(470)



Совершенствование эпизоотологического наблюдения и контроля за классической чумой свиней в Российской Федерации

А. С. Садчикова, А. А. Шевцов, И. А. Лаврентьев, А. Р. Шотин, А. С. Иголкин, Р. С. Чернышев

ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Классическая чума свиней продолжает оставаться важной проблемой свиноводства. В Российской Федерации последняя вспышка была зарегистрирована в 2020 г. в популяции диких кабанов, однако риск возникновения новых случаев болезни сохраняется. Для снижения имеющейся угрозы необходимо совершенствование мер эпизоотологического наблюдения и контроля.

Цель исследования. Анализ текущей эпизоотической ситуации и результатов реализуемого на территории Российской Федерации эпизоотологического наблюдения за классической чумой свиней с разработкой предложений по его совершенствованию.

Материалы и методы. Для анализа использовались данные проведенных в 2020–2024 гг. лабораторных исследований, представленные в электронную государственную информационную систему «Веста» ФГИС «ВетИС», а также материалы Всемирной организации здравоохранения животных, «Методические рекомендации по планированию лабораторных исследований и отбору проб для совершенствования эпизоотологического надзора за классической чумой свиней на территории Российской Федерации», разработанные и утвержденные в ФГБУ «ВНИИЗЖ». Картографирование осуществлялось с помощью онлайн-платформы MapChart, статистическая обработка проводилась в программе Microsoft Excel.

Результаты. На основании анализа международного опыта по ликвидации и контролю болезни описаны аспекты поэтапного оздоровления территории Российской Федерации от классической чумы свиней с перспективами получения соответствующего статуса Всемирной организации здравоохранения животных. Предлагаемая в исследовании стратегия эпизоотологического наблюдения включает комплексный подход с немедленными уведомлениями о подозрении на классическую чуму свиней, проведением синдромного анализа, клиническими исследованиями животных и патолого-анатомическим вскрытием трупов, ветеринарным предубойным осмотром животных и экспертизой продуктов убоя, наблюдением в дозорных единицах, проведением эффективного пробоотбора и лабораторной диагностики. Обсуждены перспективы зонирования территории России, поэтапного отказа от иммунизации живыми (аттенуированными) вакцинами, применения маркированных вакцин.

Заключение. Изложенные подходы гармонизированы с международными рекомендациями и соответствуют цели оздоровления страны от классической чумы свиней. Реализация всех предложенных этапов будет способствовать усилению контроля за болезнью в России и увеличению экспортного потенциала отечественной свиноводческой отрасли.

Ключевые слова: классическая чума свиней, эпизоотологическое наблюдение, мониторинг, биозащита, ВОЗЖ, статус благополучия, лабораторная диагностика, маркированные вакцины

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания «Сбор и анализ эпизоотологических данных для оценки статусов благополучия субъектов Российской Федерации и страны в целом, в том числе для получения и поддержания статусов в соответствии с требованиями Кодекса наземных животных ВОЗЖ».

Для цитирования: Садчикова А. С., Шевцов А. А., Лаврентьев И. А., Шотин А. Р., Иголкин А. С., Чернышев Р. С. Совершенствование эпизоотологического наблюдения и контроля за классической чумой свиней в Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 74–86. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-74-86>

Конфликт интересов: Иголкин А. С. является членом редколлегии журнала «Ветеринария сегодня», но никакого отношения к решению опубликовать эту статью не имеет. Рукопись прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Для корреспонденции: Садчикова Анастасия Сергеевна, ветеринарный врач референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Гвардейская, 6, мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия, sadchikova@arriah.ru

Strengthening classical swine fever surveillance and control measures in the Russian Federation

Anastasiya S. Sadchikova, Alexander A. Shevtsov, Ivan A. Lavrentiev, Andrey R. Shotin, Alexey S. Igolkin, Roman S. Chernyshev

Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. Classical swine fever (CSF) remains a critical challenge in global pig production. In the Russian Federation the last reported outbreak occurred in 2020 among wild boar populations, but the risk of re-emergence is sustained. To reduce the existing threats the targeted disease surveillance and control measures are needed to be improved.

Objective. To analyze the current classical swine fever situation and the outcomes of epizootic monitoring in the Russian Federation, and to develop evidence-based proposals for its improvement.

Materials and methods. This analysis draws upon laboratory test results from 2020 to 2024, as recorded in the “Vesta” electronic state information system (part of the FGIS “VetIS”); epidemiological data from the World Organization for Animal Health (WOAH); and the official “Guidelines for planning laboratory testing and sampling to improve classical swine fever surveillance in the Russian Federation”, developed and approved by the Federal Centre for Animal Health. Geospatial data were visualized using the MapChart platform, while statistical analyses were performed with Microsoft Excel.

Results. Drawing on international experience in disease eradication and control, this study outlines a phased approach for the eradication of classical swine fever in the Russian Federation, with a view toward achieving official recognition of disease-free status from the World Organization for Animal Health. The proposed

disease surveillance strategy is comprehensive and multifaceted, comprising: early detection measures, including immediate notification of suspected cases, syndromic analysis, and clinical examinations with necropsies; routine monitoring at key control points, such as ante-mortem and post-mortem inspections; and confirmatory procedures, consisting of strategic sampling, laboratory diagnostics, and surveillance in sentinel units. The study further explores the prospects for a strategic transition, including the zoning of Russian territory, the phased discontinuation of immunization with live (attenuated) vaccines, and the potential introduction of marker vaccines.

Conclusion. The proposed approaches are fully aligned with international standards and are specifically designed to achieve classical swine fever freedom in the Russian Federation. The full implementation of the proposed measures will significantly strengthen classical swine fever control in Russia and, consequently, enhance the export potential of the domestic pork industry.

Keywords: classical swine fever, epizootological surveillance, monitoring, biosecurity, WOA, freedom status, laboratory diagnostics, marker vaccines

Acknowledgements: This research was conducted under a state assignment "Collection and analysis of epizootic data for assessing animal health status of the Russian Federation Subjects and the country as a whole. This includes activities directed at achieving and maintaining official statuses in compliance with the WOA Terrestrial Animal Health Code".

For citation: Sadchikova A. S., Shevtsov A. A., Lavrentiev I. A., Shotin A. R., Igolkin A. S., Chernyshev R. S. Strengthening classical swine fever surveillance and control measures in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 74–86. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-74-86>

Conflict of interests: Igolkin A. S. is a member of the editorial board of the "Veterinary Science Today" journal, but was not involved into the decision making process related to this article publication. The manuscript has passed the review procedure accepted in the journal. The authors did not declare any other conflicts of interests.

For correspondence: Anastasiya S. Sadchikova, Veterinarian, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, ul. Gvardeyskaya, 6, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, sadchikova@arriah.ru

ВВЕДЕНИЕ

Классическая чума свиней (КЧС) отнесена Всемирной организацией здравоохранения животных (ВОЗЖ) к одной из шести инфекционных болезней, по которым требуется официальное признание статуса благополучия страны/зоны, наряду с ящуром, чумой мелких жвачных, губкообразной энцефалопатией крупного рогатого скота, африканской чумой лошадей и контагиозной плевропневмонией [1, 2].

Согласно статье 15.2.3 Кодекса здоровья наземных животных ВОЗЖ (далее – Кодекс ВОЗЖ), страной или зоной, благополучной по КЧС, может быть признана территория, на которой осуществлен тотальный отказ от вакцинации свиней или проведена иммунизация средствами, валидированными в соответствии с главой 3.9.2 Руководства по диагностическим тестам и вакцинам для наземных животных ВОЗЖ (далее – Руководство ВОЗЖ) и позволяющими дифференцировать инфицированных и вакцинированных животных (DIVA-стратегия) с последующей реализацией эпизоотологического наблюдения/надзора (surveillance) в течение 12 мес., а также на которой отсутствовали случаи инфицирования как домашних свиней, так и диких кабанов [2, 3].

В России последние случаи КЧС регистрировали на территории Приморского края в популяциях домашних свиней в 2019 г. и дикого кабана в 2020 г. Однако в настоящее время трудно дать объективную оценку развития ситуации по КЧС в нашей стране, поскольку нет ни официально задекларированной программы эпизоотологического наблюдения за КЧС, ни стратегии оздоровления страны от болезни.

Потенциальную угрозу возникновения новых очагов КЧС представляет возможность длительной циркуляции вируса в популяциях диких кабанов и домашних свиней. Отдельные варианты вируса КЧС способны персистировать в организме свиней, вызывая бессимптомное носительство, и, как следствие, трудности выявления возбудителя болезни, особенно у вакцинированных животных [4].

Другой угрозой является контаминация продукции свиноводства. Вирус КЧС при подходящих для него условиях (при заморозке или консервировании такой продукции) способен несколько лет не терять инфекционной активности [5].

Помимо упомянутых возможностей сохранения вируса, серьезной угрозой является и возможность заноса патогена из сопредельных с Россией неблагополучных стран [6].

В настоящее время на территории России применяется массовая иммунизация домашних свиней живыми (аттену-

ированными немаркированными) вакцинами, что не позволяет впоследствии реализовать DIVA-стратегию и препятствует получению статуса благополучия ВОЗЖ по КЧС [7].

Целью данной работы является анализ эпизоотической ситуации и разработка предложений по совершенствованию эпизоотологического наблюдения за КЧС на территории Российской Федерации, что позволит расширить экспортный потенциал свиноводческой отрасли, особенно после признания ВОЗЖ официального статуса благополучия по КЧС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа использовались данные проведенных в 2020–2024 гг. лабораторных исследований, представленные в электронную государственную информационную систему «Веста» ФГИС «ВетИС», а также материалы ВОЗЖ. Оценку и анализ данных проводили с помощью «Методических рекомендаций по планированию лабораторных исследований и отбору проб для совершенствования эпизоотологического наблюдения за классической чумой свиней на территории Российской Федерации», разработанных и утвержденных в ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ») [8].

В работе применялся географический метод исследования, картографирование осуществляли с помощью онлайн-платформы MapChart. Статистическая обработка результатов (метод корреляционного анализа с вычислением коэффициента линейной корреляции Пирсона – R и детерминации – R²), а также уровня статистической значимости (p) проводилась в программе Microsoft Excel (Microsoft Office Professional Edition, 2003). R ≥ 0,5 указывал на высокую положительную корреляцию двух переменных, а R² ≥ 0,5 показывал удовлетворительный уровень дисперсии между двумя переменными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт некоторых стран по искоренению КЧС.

Согласно материалам 91-й Генеральной сессии ВОЗЖ, по состоянию на май 2024 г. свободными от КЧС являлись 38 стран, включая государства Северной Америки, Океании, большей части Европы, а также некоторые зоны в Бразилии, Колумбии и Эквадоре. За период с 2020 по 2024 г. о вспышках КЧС сообщили 17 стран, включая Россию. В 2024 г. неблагополучными оставались страны Азии, Океании, Южной Америки и о. Мадагаскар (рис. 1) [2].

Существует несколько отличающихся подходов к искоренению КЧС.

Ряд стран, обладающих статусом свободы от КЧС (например, Австралия, Канада, США, страны Евросоюза и другие), добились эпизоотического благополучия, внедряя на всей территории страны радикальные меры, включающие отказ от вакцинации, масштабные исследования по выявлению инфицированных животных, применение политики стемпинг аута (тотального уоя всех восприимчивых животных в выявляемых очагах), усиление биозащиты хозяйств. Все это требовало очень больших экономических затрат [9].

Для снижения расходов используется более мягкий подход – с усилением эпизоотологического наблюдения и зонированием территории страны. При этом в зонах высокого риска продолжается вакцинация, а в зонах с меньшим риском от нее отказываются, постепенно увеличивая их территорию. Этот подход характерен для стран Латинской Америки (Бразилии, Колумбии и Эквадора).

Так, в Бразилии вспышки КЧС регистрировали с 1888 г. [10]. Принимаемые в стране усилия по наблюдению и контролю за болезнью [11] получили одобрение ВОЖ, и с 2001 г. отдельные зоны страны были признаны свободными от КЧС. В 2015 г. 95% поголовья свиней Бразилии содержалось в свободных от КЧС зонах [10]. Однако в 2018 г. в стране началась новая эпизоотическая волна: было зарегистрировано 30 вспышек, затем в 2019 и 2020 гг. – суммарно 34 вспышки,

а в 2023 и 2024 гг. – 15 вспышек в личных подсобных хозяйствах граждан [2]. В ответ на это в стране разработан и принят к реализации новый «Стратегический план Бразилии по борьбе с КЧС», базирующийся на усилении клинического наблюдения за животными, лабораторных исследованиях (преимущественно с использованием полимеразной цепной реакции, ПЦР), уничтожении всех больных животных, а также на применении вакцин (из лапинизированного штамма типа «С») в зонах с наибольшим риском возникновения болезни [10]. В регионах Бразилии, где сконцентрировано основное поголовье свиней, меры контроля КЧС включали отказ от вакцинации, что позволяло беспрепятственно применять серодиагностику (выявление специфических антител). В популяции дикого кабана наблюдение за КЧС также опиралось на серологические исследования, а отбор проб осуществлялся охотниками [10]. Кроме того, в стране практикуется строгое соблюдение мер биозащиты, что способствует сокращению числа новых вспышек КЧС [12].

Также стоит упомянуть азиатские страны, где КЧС продолжает регистрироваться: Японию, Китай, Индонезию, Таиланд и Непал. Так, крайне неблагоприятная ситуация по КЧС в последние годы сложилась в Японии. В стране вспышки КЧС регистрировали с 1992 г. [13]. С 2006 г. здесь запретили проводимую ранее вакцинацию домашних и диких свиней живой вакциной на основе немаркированного штамма «GRE-» [14]. В 2015 г. ВОЖ официально признала Японию страной, свободной от КЧС [13]. Однако в 2018 г. вспышки КЧС были нотифицированы вновь: геном вируса обнаружили в образцах крови кабанов, не проявляющих клинических признаков болезни [13, 14]. В период с 2018 по 2024 г. в Японии зарегистрировано 4118 случаев КЧС среди диких кабанов и 486 – среди домашних свиней. В стране расширили наблюдение в дикой фауне, регулировали численность диких животных и проводили дезинфекцию территории, где обнаруживали трупы павших от КЧС кабанов (основного резервуара вируса) [15]. Наряду с этим проводили пероральную вакцинацию кабанов препаратом Pestiporc Oral производства Seva Tiergesundheit (Reims, GmbH, Германия) в форме приманок с отслеживанием у них динамики сероконверсии [16]. Поголовье домашних свиней иммунизировали живыми вакцинами в зонах повышенного риска. Анализ последних данных (2025 г.) показывает, что спорадические случаи КЧС у домашних свиней на территории Японии продолжают регистрировать, однако эпизоотия приняла затухающий характер [6, 17].

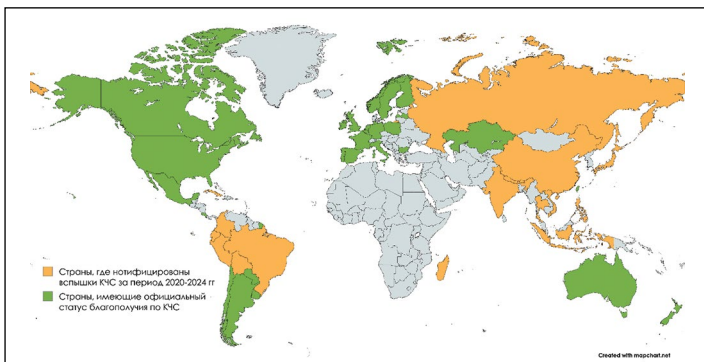


Рис. 1. Неблагополучные в период с 2020 по 2024 г. по КЧС страны

Fig. 1. CSF infected countries in 2020–2024

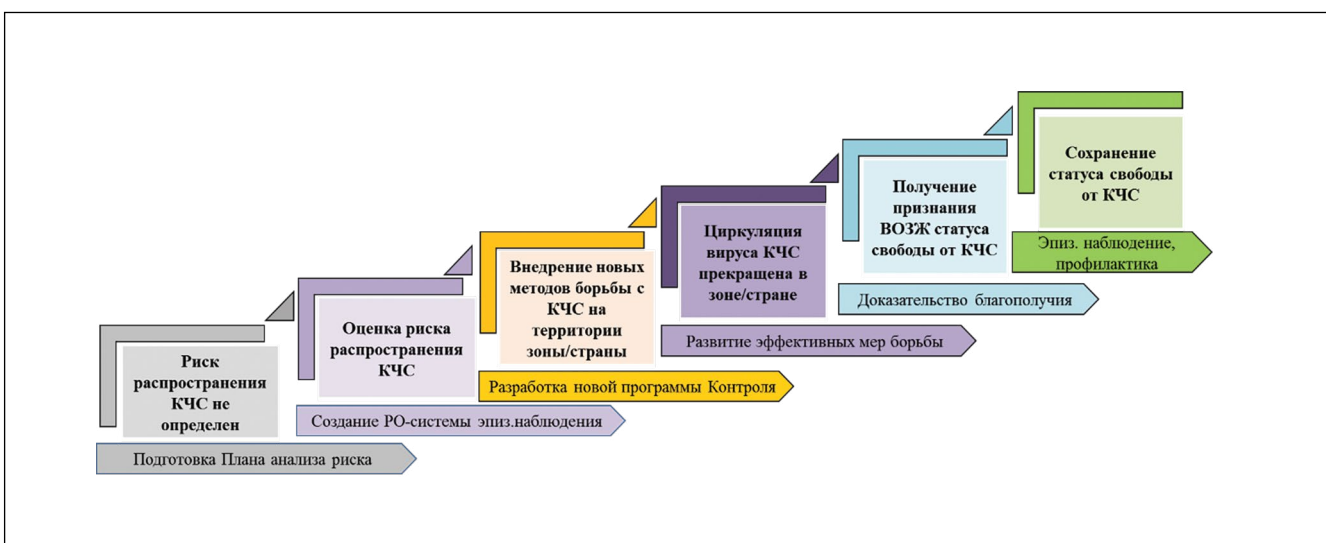


Рис. 2. План поэтапного оздоровления России от КЧС [18]

Fig. 2. Phased eradication plan for CSF in Russia [18]

Таким образом, случаи КЧС продолжают регистрировать на многочисленных территориях по всему миру (Япония, Китай, страны Юго-Восточной Азии и Латинской Америки). Для сдерживания распространения болезни, снижения экономического ущерба во многих из этих стран широко или ограниченно используются живые аттенуированные вакцины. Хотя для окончательного искоренения КЧС необходимо внедрение эффективных систем эпизоотологического наблюдения и контроля за болезнью с отказом от вакцинации. В то же время опыт ряда стран показывает, что необязательно применять радикальные меры сразу на всей территории страны, возможно постепенное их внедрение (например, по зонам риска).

Разработка подходов к оздоровлению от КЧС в Российской Федерации. В XX веке вспышки КЧС регистрировались во многих регионах России. Однако уже в начале XXI века отмечено снижение числа регистрируемых вспышек. С 2010 по 2020 г. динамика эпизоотии имела нисходящий тренд. Последние случаи КЧС в России фиксировали в приграничных с Китайской Народной Республикой субъектах: Амурской области и Приморском крае [6, 18, 19, 20].

Начиная с марта 2020 г. по настоящее время в России вспышки КЧС не регистрировали. Улучшение ситуации в стране связывают с массовой вакцинацией поголовья, а также с усилением мер биологической защиты свиноводческих хозяйств и предприятий [6, 18]. Однако у иммунизации есть и недостатки, например, вакцинация не прекращает носительство вирулентного вируса и сильно затрудняет обнаружение у свиней персистирующей инфекции [21]. К другим недостаткам относят нежелательные поствакцинальные реакции у части свиней, финансовые и трудовые затраты, ограничения в экспорте, невозможность дифференциации иммунизированных и инфицированных животных (в случае применения живых вакцин) [6, 7, 21].

Упомянутые недостатки оправдывают жесткие рекомендации Кодекса ВОЗЖ о необходимости отказа от вакцинации для получения официального статуса страны/зоны, свободной от КЧС. С учетом этого, как и факта массового применения в стране вакцинации свиней против КЧС, сейчас Российская Федерация не может претендовать на получение данного статуса. Для оздоровления России по КЧС предпочтительна разработка и реализация федеральной программы (дорожной карты) эпизоотологического наблюдения и контроля за КЧС. Соответствующий нормативно-правовой документ, официально закрепляющий регламент упоминаемых мероприятий, должен учитывать различные сценарии развития эпизоотической ситуации по особенностям течения и проявления болезни в разных типах хозяйств: интенсивного (промышленные предприятия) и экстенсивного (личные и коллективные хозяйства граждан) типа [8].

В случае если для оздоровления страны от КЧС будет использоваться подход, включающий отказ от применения традиционных вакцин против КЧС, рационально внедрять его поэтапно (одновременно с организацией и контролем эффективной биозащиты всех типов свиноводческих хозяйств), поскольку преждевременное применение данной меры может привести к ухудшению эпизоотической ситуации и возникновению новых очагов болезни [18].

Схема поэтапной стратегии оздоровления России от КЧС, предложенная ранее [18], представлена на рисунке 2.

Данный план включает в себя проведение анализа риска, создание риск-ориентированной (РО) системы эпизоотологического наблюдения, разработку новой программы контроля за КЧС с усовершенствованием эффективных мер борьбы при возможности отказа от вакцинации. И на последних этапах – сбор и анализ информации, подтверждающей благополучие территории (страны), с последующей отправкой сведений в ВОЗЖ для получения официального статуса свободной от КЧС зоны (страны), и поддержание данного статуса.



Рис. 3. Компоненты эпизоотологического наблюдения

Fig. 3. Epizootological surveillance components

Реализация плана целесообразна с использованием подходов «управления проектом» как формализованного ГОСТ Р ИСО 21500-2023 комплексного процесса, включающего анализ риска (регламентирован международным стандартом ISO/IEC 31010:2009; ГОСТ Р ИСО 58771-2019; ГОСТ Р ИСО 31000-2019). При этом часто для прикладных целей применяют упрощенные подходы анализа риска, включающие некоторые его отдельные элементы. Например, они могут касаться выявления возможных опасностей и качественной оценки значимости факторов, влияющих на возможность возникновения или предотвращения нежелательного события, что используется для принятия тех или иных мер по снижению риска.

В частности, при выявлении возможных сценариев (ситуаций), ведущих к реализации угроз, необходимо учитывать критерии для определения границ зон и популяций высокого риска (согласно статьям 15.2.28–15.2.33 Кодекса ВОЗЖ) [3].

Другой ступенью стратегии оздоровления является составление программы эпизоотологического наблюдения.

Эпизоотологическое наблюдение. Согласно статье 15.2.28 Кодекса ВОЗЖ, под эпизоотологическим наблюдением/надзором (surveillance) понимают систему непрерывного сбора и анализа информации о здоровье животных, а также своевременную передачу данных для принятия соответствующих мер [3].

В текущих условиях за приоритетную цель эпизоотологического наблюдения в России рационально принять раннее выявление инфекции (в том числе скрытое вирусоносительство у животных-реконвалесцентов). Дополнительной целью может являться доказательство отсутствия циркуляции вируса в стаде региона/района/предприятия/хозяйства (для проведения регионализации) [8].

Согласно рамочному описанию, изложенному в главе 1.4 «Надзор за здоровьем животных» Кодекса ВОЗЖ, система наблюдения состоит из дополняющих друг друга компонентов, которые схематично представлены на рисунке 3 и подробнее разобраны в данной работе ниже.

Компонентами являются:

- 1. Официальная система уведомления о возникновении подозрения и установлении диагноза, включающая сбор сведений согласно приказам Минсельхоза России: от 21.02.2022 № 89 «О Регламенте предоставления информации в систему государственного информационного обеспечения в сфере**

Таблица 1
Диагностические процедуры по выявлению КЧС, рекомендованные Руководством ВОЗЖ [24]

Table 1
CSF diagnostic procedures recommended by the WOH Manual [24]

Метод	Цель					
	Отсутствие инфекции в популяции	Отсутствие инфекции у отдельных животных перед перемещением	Вклад в политику искоренения	Подтверждение клинических случаев	Надзор за распространением	Контроль вакцинации
Выявление возбудителя						
Вирусовыделение	–	+	–	+++	–	–
ОТ-ПЦР	+	+++	++	+++	++	–
ИФА на антиген	++	+	+	+	–	–
РПИФ	–	–	+	+	–	–
Выявление специфических антител к вирусу*						
ИФА на антитела	+++	+++	+++	–	+++	+++
Реакция нейтрализации (FAVN и NPLA)	+	+++	++	++	+++	+++

* необходимо иметь в наличии диагностические инструменты, позволяющие дифференцировать антитела, специфичные к вирусу КЧС и другим пестивирусам (the availability of diagnostic tools that can differentiate between antibodies specific to CSF and those induced by other pestiviruses is essential).

сельского хозяйства»¹; от 30.06.2017 № 318 «Об утверждении Порядка представления информации в Федеральную государственную информационную систему в области ветеринарии и получения информации из нее»².

2. Синдромный анализ – систематические сбор и оценка данных, способных прямо или косвенно указывать на изменение ситуации по показателям инцидентности, смертности, продуктивности, продаже, убою животных для своевременного объективного выявления причин ухудшения ситуации с привлечением других методов эпизоотологического наблюдения: клинического осмотра, патолого-анатомического вскрытия и лабораторных исследований [3].

В крупных свиноводческих хозяйствах нередки постоянные потери (технологический отход), обусловленные травмами, отравлениями, незаразными и заразными болезнями. Синдромный анализ позволяет своевременно выявлять те субпопуляции (стада, группы свиней), где ухудшились отслеживаемые показатели для быстрого принятия мер реагирования, с выяснением причин произошедшего [8].

3. Клиническое наблюдение и патолого-анатомическое вскрытие. Необходима организация регулярного и тщательного клинического осмотра всего восприимчивого поголовья с патолого-анатомическим исследованием трупов.

В п. 3 «Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов классической чумы свиней»³, утверж-

денных приказом Минсельхоза России от 29.09.2020 № 580 (далее – Правила), приведен обширный перечень клинических признаков и патолого-анатомических изменений, которые, согласно п. 9 Правил, являются основанием для подозрения на КЧС.

При этом практические специалисты понимают, что для подозрения на КЧС должны присутствовать все или многие из перечисленных в п. 3 Правил симптомов болезни. Однако инфицирование животных вирусом КЧС не всегда сопровождается выраженной или типичной клинико-патолого-анатомической картиной (например, в начале вспышки, когда преобладает острое течение болезни, или среди вакцинированных свиней, когда болезнь может протекать атипично), у свиней могут наблюдаться лишь единичные признаки болезни. Также ситуацию может осложнять наличие в хозяйствах болезней иной этиологии, которые по отдельным симптомам схожи с КЧС.

Все это указывает на необходимость проведения лабораторных исследований с дифференциальной диагностикой КЧС от других инфекционных болезней (африканской чумы свиней, цирковирусной инфекции, пастереллеза, сальмонеллеза, гемофильного полисерозита, актинобациллезной плевропневмонии и других). При этом следует учитывать, что КЧС может осложняться упомянутыми и другими инфекциями [22]. Для исключения ошибок такие исследования должны иметь регулярный характер.

4. Ветеринарный предубойный осмотр животных и послеубойная экспертиза продуктов убоя должны производиться по установленным ветеринарно-санитарным требованиям⁴, а на территориях с высоким риском заноса

¹ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404424070>

² <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71700754>

³ <https://base.garant.ru/74901254>

⁴ <https://legalacts.ru/doc/pravila-veterinarnogo-osmotra-uboinykh-zhivotnykh-i-veterinarno-sanitarnoi/>

вируса КЧС, где содержатся свиньи, при проведении осмотра в первую очередь рационально обращать внимание на состояние лимфатических узлов, селезенки и почек. Туши (полутуши, четвертины с головой) и органы кабанов (как промысловых животных) должны в обязательном порядке доставляться на места ветеринарно-санитарной экспертизы, при проведении которой настороженность в отношении КЧС должны вызывать признаки лимфаденита и геморрагического синдрома. При наличии таковых образцы отправляют в лабораторию для дифференциальных исследований, после чего принимают решение об утилизации или уничтожении продуктов убоя согласно действующим ветеринарно-санитарным требованиям⁵.

5. Наблюдение в дозорных единицах (например, хозяйство в поселении, где имеется риск заноса или повторного появления болезни, при этом наиболее яркими индикаторами будут животные, не вакцинированные против КЧС) предполагает регулярный клинический мониторинг состояния здоровья имеющихся там животных с исследованием проб от них (при появлении у животных хотя бы одного из признаков КЧС) для выявления случаев болезни [8]. В популяции дикого кабана в качестве дозорной единицы следует выделять, например, охотничьи хозяйства, где есть риск заноса вируса с сопредельных неблагополучных территорий.

6. Другие источники информации. В комплексе мероприятий по эпизоотологическому наблюдению не последнюю роль играют собранные из других источников данные, такие как информация от граждан – владельцев животных и от охотников, обо всех подозрительных случаях, о вывозе животных или продуктов животноводства, продаже свиней или продукции, падеже на промышленных предприятиях, об обнаружении трупов диких кабанов.

7. Лабораторная диагностика.

7.1. *Отбор проб.* В п. 17 Правил перечислены требования по отбору проб только при подозрении на КЧС. В таких случаях регламентируется необходимость выборочных исследований в подозрительной группе восприимчивых животных на уровне $\approx 10\%$ превалентности без указания о необходимости регулярного отбора и исследований проб в других ситуациях.

В то же время необходимо упомянуть, что при заносе КЧС в крупные стада превалентность инфицирования свиней на первых этапах распространения болезни может быть очень низкой (около 0,1% и ниже, по данным наблюдений специалистов ФГБУ «ВНИИЗЖ» в очагах болезни), особенно в стаде, где проводится вакцинация [8, 23]. Поэтому для раннего выявления КЧС случайные выборочные исследования малопригодны, особенно в большом стаде. Это обусловлено тем, что для вышеупомянутой цели репрезентативный размер случайной выборки практически не будет отличаться от численности всего стада, что фактически равнозначно проведению «сплошного» исследования, а учитывая необходимость регулярного характера мониторинга, затраты на его проведение могут быть очень обременительны.

Методическими рекомендациями по планированию лабораторных исследований и отбору проб для совершенствования эпизоотологического надзора за КЧС на территории Российской Федерации предложен риск-ориентированный подход, позволяющий увеличить эффективность проводимых исследований, в том числе за счет сочетания пассивного и активного наблюдения [8]. При этом пассивное наблюдение должно включать отбор и исследование образцов от подозрительных в заболевании живых свиней и их трупов, а активное наблюдение должно проводиться путем регулярного исследования проб от животных из групп риска (в том числе и от клинически

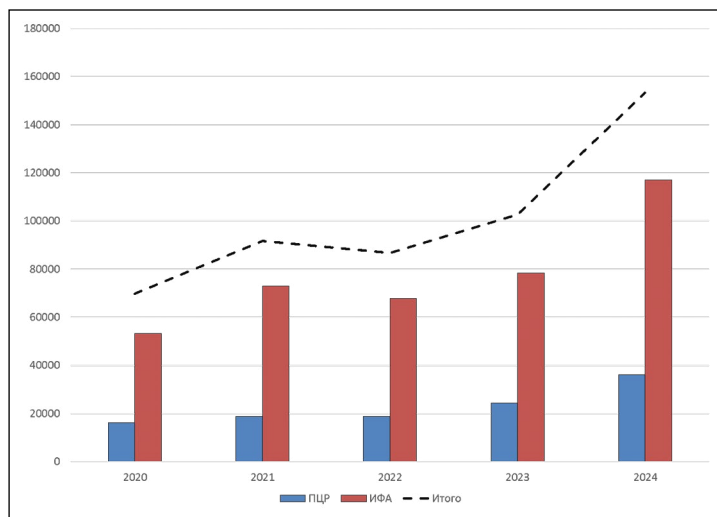


Рис. 4. Лабораторные исследования на КЧС методами ПЦР и ИФА, проведенные в России в 2020–2024 гг. (по данным ФГИС «ВетИС», компонент «Веста»)

Fig. 4. Laboratory tests for CSF by PCR and ELISA conducted in Russia in 2020–2024 (retrieved from “Vesta” component, FGIS “VetIS”)

здоровых свиней). Рационализации отбора проб в рамках активного наблюдения рекомендуется достигать посредством выделения отдельных групп животных из общей популяции, основываясь на данных, полученных в ходе синдромного анализа. Для этого из обследуемой популяции выбирают конкретные группы свиней, где отмечается ухудшение ситуации в первую очередь по показателям инцидентности и смертности. Далее в выбранных группах определяют конкретных животных с клиническими или патолого-анатомическими признаками инфекционной патологии, от которых отбираются пробы⁶. Необходимо отметить, что при заносе вируса КЧС в стадо свиней, где практикуется вакцинация, животные в возрасте от 1 до 3 мес. могут являться вирусоносителями, поскольку в этот период происходит снижение уровня колостральных антител, а поствакцинальный иммунный ответ полностью не сформирован. Таких поросят рекомендуется рассматривать как группу повышенного риска. Кроме того, отбор проб от вакцинированных животных рационально проводить не ранее 14–21-го дня после вакцинации, чтобы снизить вероятность выявления генома вакцинного штамма.

7.2. *Методы лабораторной диагностики.* Согласно главе 3.9.2 «Классическая чума свиней» Руководства ВОЗЖ, методы лабораторной диагностики КЧС делятся на две группы:

а) прямые – используются для обнаружения возбудителя болезни (вирусовыведение в чувствительной культуре клеток), его антигена (реакция прямой иммунофлуоресценции, РПИФ; иммуноферментный анализ, ИФА) и генома (ПЦР с обратной транскрипцией, ОТ-ПЦР);

б) непрямые – применяются для детекции специфических антител к вирусу КЧС (ИФА и реакция нейтрализации: FAVN и NPFA).

Рекомендации по применению прямых и непрямых методов диагностики КЧС приведены в Руководстве ВОЗЖ (табл. 1) [24].

Предлагаемая ВОЗЖ схема диагностики КЧС в большей степени ориентирована на страны, отказавшиеся от применения живых вакцин. Иммунизация свиней немаркированными вакцинами на территории конкретных стран/зон влечет за собой коррекцию стратегии и приоритета выбора лабораторных методов, в особенности серологических.

⁵ <https://docs.cntd.ru/document/350341002>

⁶ <https://base.garant.ru/74901254>

Таблица 2
Количество исследований образцов от диких кабанов и домашних свиней

Table 2
Number of tested samples from wild boar and domestic pigs

Год	ПЦР		РПИФ		ИФА	
	пол/кол-во проб от кабанов	пол/кол-во проб от свиней	пол/кол-во проб от кабанов	пол/кол-во проб от свиней	пол/кол-во проб от кабанов	пол. у невакцинированных*/ кол-во проб от свиней
2020	7/2893	13/13 286	0/17	0/279	0/142	0/53 187
2021	0/3107	2/15 705	0/6	0/24	0/48	0/72 867
2022	0/2251	3/16 518	0/0	0/0	0/12	0/67 860
2023	0/2121	3/22 156	0/0	0/0	0/4	0/78 307
2024	0/3040	3/33 090	0/0	0/160	0/25	0/116 977
Итого	13 412	100 755	23	463	231	389 198

пол. – положительный результат (positive); * невакцинированные домашние свиньи (non-vaccinated domestic pigs).

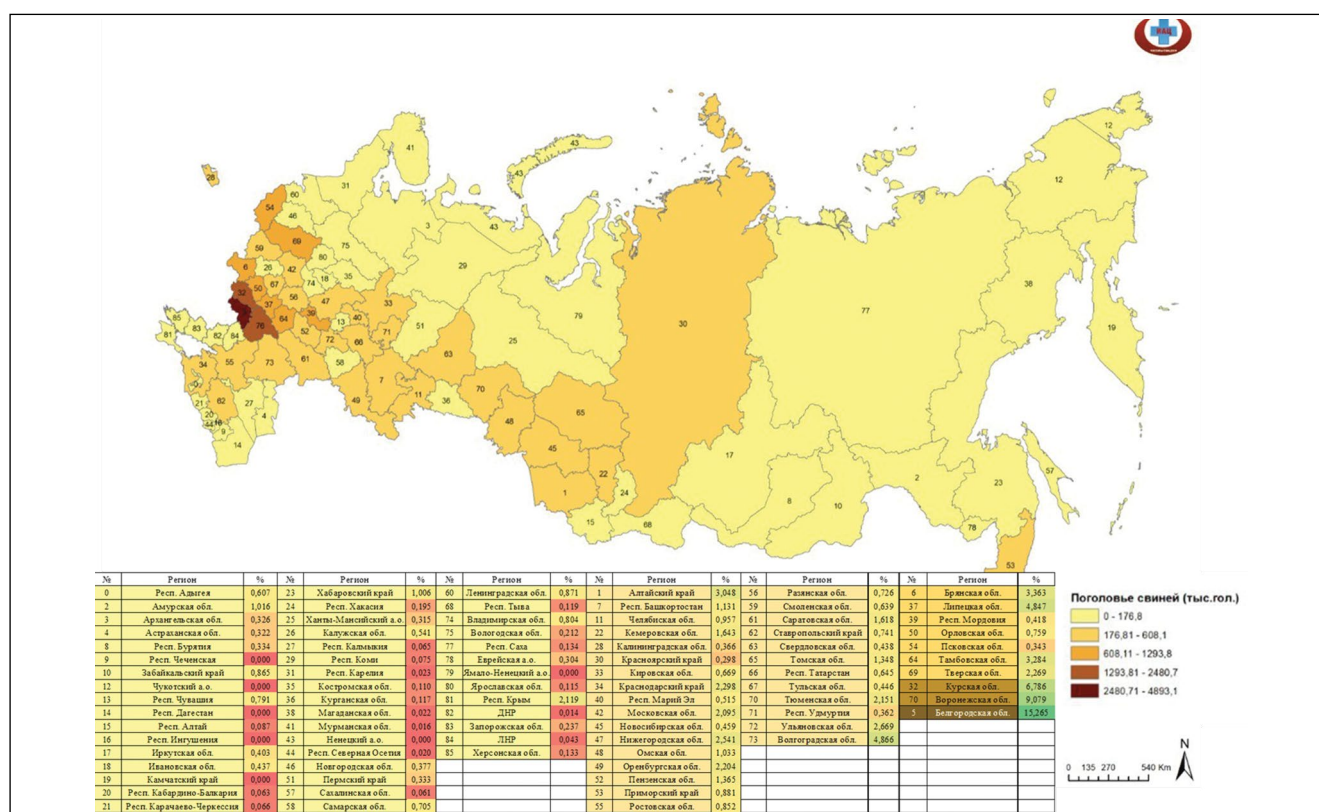


Рис. 5. Пространственное распределение плотности поголовья домашних свиней и количество проведенных лабораторных исследований на территории Российской Федерации в 2020–2024 гг.

Fig. 5. Distribution of domestic pig population density and diagnostic testing across the Russian Federation in 2020–2024

7.3. Анализ лабораторных исследований на КЧС, проведенных в период с 2020 по 2024 г. в России, и совершенствование схемы лабораторной диагностики. Согласно данным компонента «Веста» ФГИС «ВетИС», в 2020–2024 гг. выполнено 504 140 исследований на КЧС, большая часть которых проведена методом ИФА, нацеленным на выявление специфических антител (389 429 – 77,2%), и ОТ-ПЦР (114 167 – 22,6%), в меньшей степени – РПИФ (486 – 0,1%) и методом вирусыведения (58 – 0,01%) в 85 регионах страны (рис. 4).

Установлено, что количество проведенных на КЧС исследований методом ИФА (обнаружение антител к вирусу КЧС)

значительно выше, чем методом ПЦР (обнаружение вируса КЧС). При этом вызывает сомнение целесообразность использования непрямых методов исследований на КЧС, поскольку в условиях массовой вакцинации свиней это мало отвечает основной цели эпизоотологического наблюдения – раннему выявлению инфекции.

Более подробная информация о количестве проведенных исследований образцов от диких и домашних свиней на КЧС в период с 2020 по 2024 г. представлена в таблице 2.

Согласно данным компонента «Веста» ФГИС «ВетИС», количество проведенных исследований образцов от диких

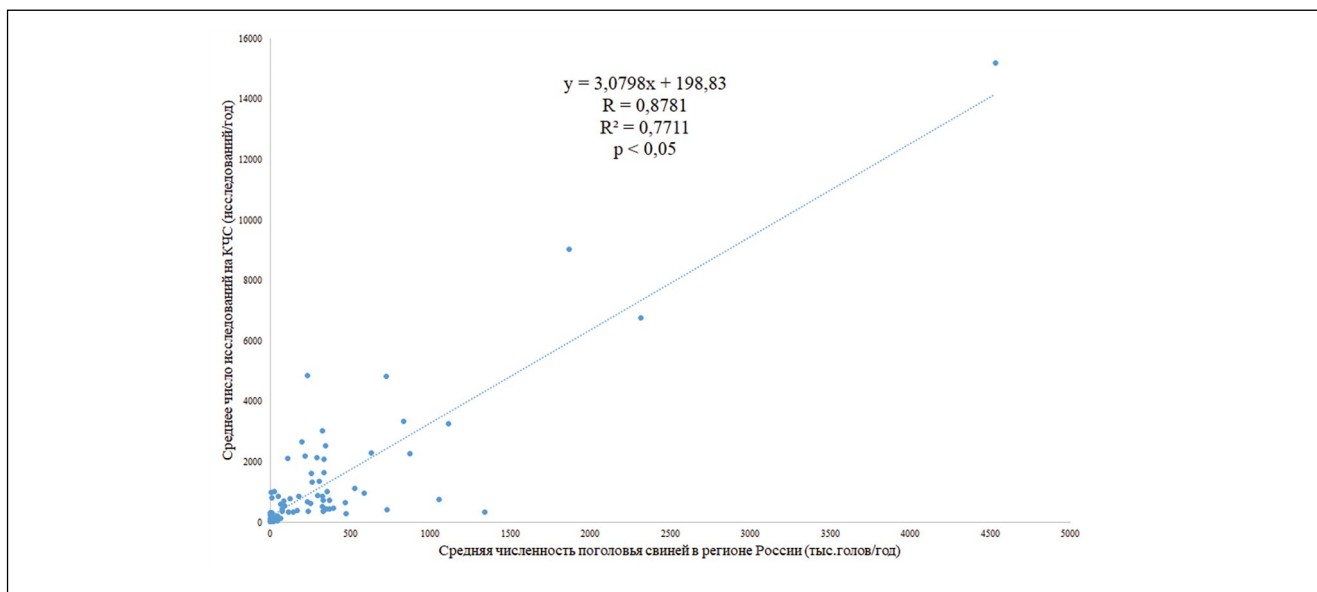


Рис. 6. График линейной регрессии, отображающий корреляцию между средней численностью поголовья в регионе России и средним числом лабораторных исследований на КЧС в данном регионе в 2020–2024 гг.

Fig. 6. Linear regression depicting the association between the average domestic pig population per region and the average number of CSF laboratory tests performed in that region (Russia, 2020–2024)

кабанов составляет всего 2,7% от их общего числа. При этом в данном случае предпочитаемыми являются прямые методы исследований (ОТ-ПЦР) в связи со сложностью отбора сыворотки крови для постановки ИФА.

Небольшое количество проведенных исследований среди диких кабанов обусловлено отсутствием строгих нормативных требований. Так, согласно п. 18 Правил, отбор образцов от диких кабанов регламентирован только в регионах с неблагополучным статусом (установленных в соответствии с регионализацией)⁷. Считаем, что необходима коррекция существующих требований для повышения достоверности получаемых данных наблюдения за КЧС в популяции диких кабанов.

Поправки в Правила следует внести и в части диагностики КЧС у домашних свиней. Наблюдается пятилетняя тенденция роста числа лабораторных исследований на КЧС в популяции домашних свиней. Так, в 2024 г. по сравнению с 2020 г. в 2,5 раза увеличилось число исследований молекулярно-генетическими методами и в 2,2 раза – серологическими. В ходе анализа пространственного распределения числа лабораторных исследований на КЧС выявлена прямая зависимость количества проведенных исследований (%) от плотности поголовья домашних свиней в отдельных регионах России. К примеру, большая часть исследований (31,13%) на КЧС пришла на Белгородскую (15,265%), Воронежскую (9,079%) и Курскую (6,786%) области, тогда как на территории, находящиеся в зоне риска, а именно Амурскую область (1,016%), Республику Бурятия (0,334%), Хабаровский (1,006%) и Приморский (0,881%) края, пришлось суммарно всего 3,237% от общего числа проведенных исследований (рис. 5). Корреляционный анализ среднего поголовья свиней в регионах (тыс. гол/год) и среднего количества лабораторных исследований на КЧС, проведенных в данном регионе (исследований/год) в период с 2020 по 2024 г., показал высокую положительную корреляцию ($R = 0,88$) и удовлетворительную дисперсию между двумя переменными ($R^2 = 0,77$), уровень статистической значимости (p) составил менее 0,05 (рис. 6). Представленные цифры свидетельствуют о том, что в текущей ситуации ведущим критерием отбора

проб является численность поголовья в отдельном регионе России. Однако необходимо перераспределение числа исследований в пользу субъектов с высоким риском заноса вируса КЧС (в частности, из сопредельных государств).

Как показано на рисунке 4 и в таблице 2, наибольшее число проведенных исследований приходится на ИФА, направленный на обнаружение специфических антител к вирусу КЧС. В период с 2020 по 2024 г. методом ИФА у невакцинированных свиней антитела не выявлялись. Очевидно, что на широком фоне вакцинации (по данным ФГБУ «Центр ветеринарии») в Российской Федерации ежегодно проводится более 90 млн вакцинаций свиней против КЧС. Указанные в таблице 2 серологические исследования (389,2 тыс.) проводились и среди иммунизированных свиней, которые являлись серопозитивными. Для выявления болезни использовать серологические методы невозможно, так как при иммунизации животных немаркированными вакцинами никакие серологические методы не позволяют дифференцировать поствакцинальные антитела от постинфекционных [14].

В то же время, несмотря на имеющиеся ограничения, метод ИФА является быстрым и массовым, он способен играть значительную роль в лабораторной диагностике при отмене вакцинации или применении маркированных вакцин. Однако в настоящее время его использование для раннего выявления инфекции рационально лишь при исследовании популяций домашних свиней и диких кабанов, в которых вакцинация точно не применялась. К тому же внедренные в практику лабораторий ИФА-тест-системы должны содержать рекомбинантный белок E2, а методики должны предусматривать его использование в качестве антигена, они должны быть обязательно валидированы согласно параметрам правильности, сходимости, воспроизводимости, чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Особое внимание необходимо уделять отсутствию перекрестной реакции между антителами против других пестивирусов (возбудителей вирусной диареи КРС, болезни Бордера овец) в сыворотке крови и антигеном в составе ИФА-тест-систем.

В Руководстве ВОЗЖ (табл. 1) для выявления клинических случаев непрямыми методами рекомендуется использовать не ИФА, а реакцию нейтрализации флуоресцирующих

⁷ <https://base.garant.ru/74901254>

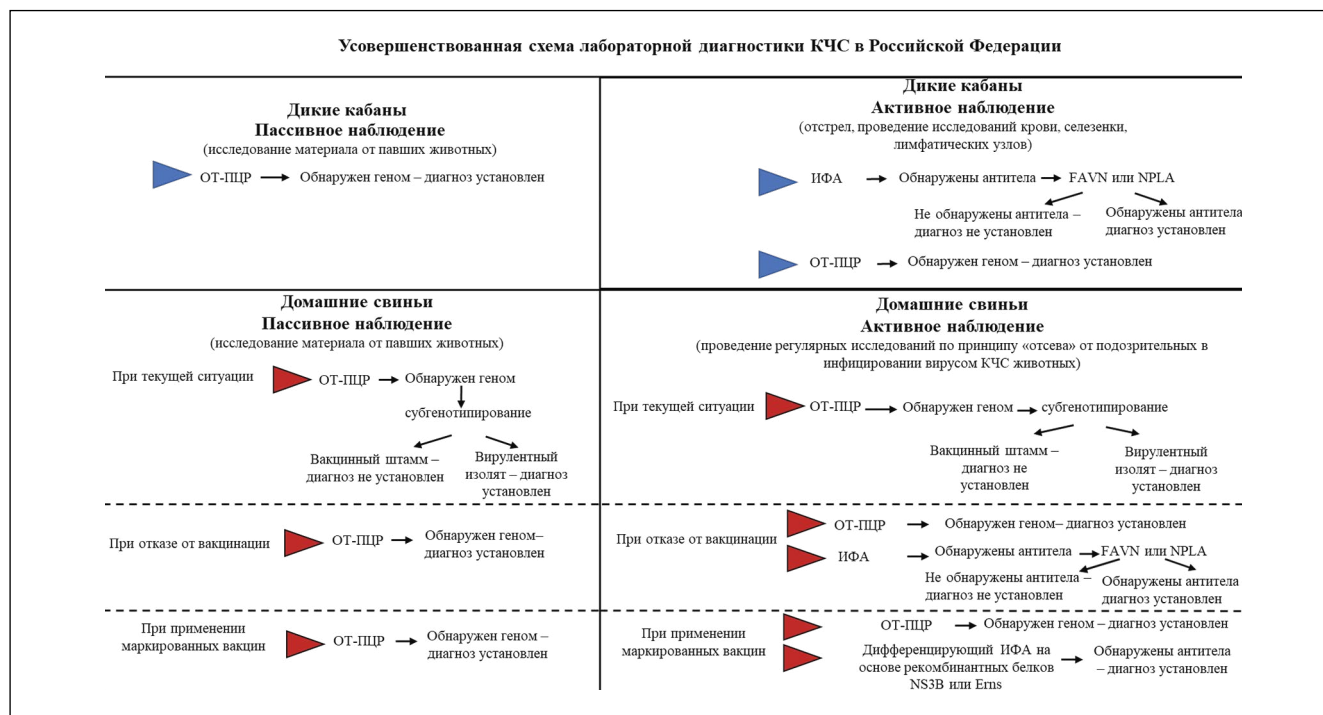


Рис. 7. Предложенная стратегия лабораторного исследования образцов от диких и домашних свиней на КЧС в Российской Федерации (В случае выявления генома вируса КЧС, не относящегося к вакцинным штаммам, рекомендуется проводить вирусыведение для дальнейшего использования штамма в научных исследованиях. При текущей ситуации серологическая диагностика в популяциях домашних свиней нецелесообразна в связи с массовой иммунизацией живыми вакцинами.)

Fig. 7. A proposed strategy for CSF laboratory testing of samples from wild and domestic pigs in the Russian Federation (If the CSF virus genome is detected and confirmed to be unrelated to vaccine strains, virus isolation is recommended to obtain the strain for further scientific research. In the current situation, serological diagnostics in domestic pig populations are considered impractical due to the widespread use of live vaccine immunization.)

микробляшек (РНФБ, FAVN) или с детекцией иммунопероксидазным методом (NPLA) [24]. Данные методы являются наиболее чувствительными для выявления антител, однако их применение требует высоких затрат на ведение банка культур клеток, вирусов и закупку дорогостоящих антивидовых конъюгатов и моноклональных антител, в результате чего они не используются на сегодняшний день в рутинной диагностике [25]. Хотя применение реакции нейтритализации в референтных лабораториях необходимо для дифференциации ложнопозитивных сывороток в ИФА. Разработка и внедрение FAVN или NPLA в деятельность аккредитованных ветеринарных лабораторий России является актуальной задачей.

Следующим методом по количеству проводимых исследований на КЧС в России является ОТ-ПЦР, позволяющий быстро и точно идентифицировать фрагменты генома вируса КЧС в исследуемом материале. За период с 2020 по 2024 г. получен 31 положительный результат: 7 образцов, отобранных от диких кабанов на территории Приморского края при последней в России вспышке 2020 г.; 24 исследованных образца идентифицированы как принадлежащие к вакцинным штаммам.

При этом, согласно п. 1.1.5 «Молекулярная эпизоотология и генотипирование» главы 3.9.2 Руководства ВОЗЖ, в случае получения положительного результата (обнаружение вируса КЧС / его генома) необходимо проводить субгенотипирование на основе 5'-нетранслируемой области, генов белков E2 и NS5B [24, 26, 27]. Однако ограничения последнего являются длительность проведения, необходимость использования дорогостоящего оборудования и реактивов, а также задействование высококвалифицированного персонала.

С целью преодоления имеющихся ограничений были модернизированы методы ПЦР, позволяющие быстро и с высокой точностью дифференцировать вакцинные и полевые штаммы [28]. Одним из них является ПЦР с анализом кривых плавления (ПЦР-DMA) или кривых плавления высокого разрешения (ПЦР-HRM) [29]. Однако в случае возникновения новых очагов инфекции с целью определения происхождения, распространения и локализации вируса КЧС необходимо использовать метод секвенирования по Сэнгеру с последующим субгенотипированием изолятов [2].

Также в п. 20 Правил упоминается использование РПИФ с целью обнаружения антигена вируса КЧС в мазках-отпечатках биологического материала⁸. Однако в последние годы сократились случаи использования упомянутого метода для подтверждения диагноза в связи с дороговизной и недоступностью большинства конъюгатов на отечественном рынке, возможностью получения неспецифических результатов, ошибок при визуализации результатов реакции в связи с субъективностью оценки.

Вирусыведение является одним из прямых методов диагностики, однако число исследований, проведенных данным способом, на территории страны является крайне малым по сравнению с общим числом исследований. Сущность метода заключается в выявлении репродукции вируса в перmissive культурах клеток, таких как перевиваемая линия клеток почки поросенка (ПК-15), первично трипсинизированная культура клеток тестикул свиней (ТС), с помощью дополнительных методов идентификации по причине отсутствия видимого цитопатического действия вируса. Такими методами являются иммунопероксидазный

⁸ <https://base.garant.ru/74901254>

тест (ИПМ), РПИФ и ОТ-ПЦР [30].

Согласно рекомендациям ВОЗЖ, идентификацию репродукции вируса можно проводить в РПИФ спустя 24–72 ч или в ИПМ спустя 3–4 дня после инфицирования культуры клеток. При вирусывыделении необходимо планировать проведение 3–5 пассажей [24]. Однако данная методология имеет ряд ограничений, к примеру, дорогостоящее ведение банка культур клеток, высокая стоимость и недоступность большинства специфичных конъюгатов на отечественном рынке, вероятность получения неспецифичной картины при идентификации и ошибки при визуализации результатов после окрашивания.

Применение при идентификации ОТ-ПЦР упрощает и удешевляет детекцию результатов вирусывыделения, а также снижает вероятность получения ложных результатов [31]. И все же вирусывыделение способствует получению актуальных изолятов и штаммов вируса КЧС с целью оценки их биологических свойств на естественно восприимчивых животных (контагиозности, вирулентности, сероконверсии, иммуногенности и протективности) с последующим депонированием в государственные коллекции и использованием в разработке диагностикомов или при оценке иммунологических свойств вакцин. Такая деятельность составляет важнейшую часть эпизоотологического наблюдения за КЧС, но не относится прямым образом к диагностике болезни.

Таким образом, вирусывыделение чаще всего используют в научных исследованиях как один из методов эпизоотологического наблюдения, однако при рутинной диагностике массовое применение имеет метод ОТ-ПЦР [31, 32].

В текущей ситуации на основе всего вышесказанного предложена схема лабораторной диагностики КЧС в популяциях домашних свиней и диких кабанов при условии отказа от вакцинации и применения маркированных вакцин (рис. 7).

Таким образом, компоненты эпизоотологического наблюдения в совокупности способны предоставить общую достоверную информацию, которая подтверждается несколькими источниками данных. Их сочетание использование позволит своевременно реагировать на подозрительные случаи и разработать эффективную программу по контролю КЧС.

Контроль КЧС. Следующим этапом в стратегии оздоровления России является составление плана по контролю КЧС с внесением соответствующих изменений в нормативную документацию. Для этого требуется последовательное совершенствование действующих в настоящее время в стране нормативных документов, регулирующих вопросы содержания свиней, меры профилактики, диагностики и борьбы с КЧС.

Например, уже сейчас очевидно, что для раннего выявления всех случаев инфицирования и вирусносительства среди восприимчивых животных необходима коррекция Правил в части усиления содержащихся в них мероприятий эпизоотологического наблюдения. Для этого следует учитывать возможность длительного скрытого периода распространения болезни и вариативность проявления симптомов. Считаю целесообразным утверждение требований, опирающихся на упомянутые выше методические рекомендации [8], с проведением не эпизодических, а регулярных лабораторных исследований прямыми методами. Стоит заметить, что переход на серологическую диагностику как на ведущий метод исследований возможен лишь после отказа от применения вакцин (отдельных зон / всей территории страны) и выведения из восприимчивого стада серопозитивных животных в связи с рядом факторов:

- длительностью сохранения антител у ранее иммунизированного поголовья свиней (поствакцинальные антитела к применяемым вакцинам в России могут обнаруживаться не менее двух лет независимо от возраста) [33];

- длительностью сохранения колостральных антител (в среднем 5–7 недель и более) [34];

- невозможностью дифференциации поствакцинальных антител от постинфекционных.

В рамках совершенствования нормативной документации также необходимо незамедлительное введение требований по обеспечению комплекса мероприятий биозащиты свиноводческих хозяйств и предприятий, надежно предотвращающей занос и распространение заразных болезней.

При реализации этапа по отказу от вакцинации повысится риск возникновения вспышек в хозяйствах с низким статусом биозащиты на территории всей страны, а также на свиноккомплексах III–IV компартмента, расположенных на границе с неблагополучными или ранее неблагополучными странами. Поэтому при принятии решения по отказу от вакцинации рационально внедрять данную меру постепенно, начиная с одного из регионов или даже с нескольких хозяйств (компартментов) Центрального федерального округа России. По достижении положительных результатов при реализации вышеописанной стратегии будет возможно приступить к постепенному расширению перечня таких хозяйств/регионов [18].

В случае успешной реализации мероприятий по отказу от вакцинации и эпизоотологического наблюдения в течение 12 мес., а также при выполнении других требований главы 1.9 «Процедура официального признания ВОЗЖ статуса благополучия по классической чуме свиней» Кодекса ВОЗЖ будет возможно рассчитывать на получение официального статуса благополучия по КЧС.

В случае высокого риска заноса вируса КЧС и, как следствие, неприемлемости отказа от иммунизации свиней допустимо использование маркированных вакцин. Так, в Российской Федерации в 2024 г. зарегистрирована маркированная вакцина на основе рекомбинантного белка E2 вируса КЧС («ВЕРРЕС-КЧС-E2», ООО «Ветбиохим») [35, 36]. Дифференциация поствакцинальных от постинфекционных антител в данном случае может осуществляться методом ИФА на основе рекомбинантных белков E^{1ns} и/или NS3B (у переболевших или инфицированных свиней будут идентифицироваться антитела к данным белкам вируса, а у вакцинированных – нет). Для реализации DIVA-стратегии на территории страны возможно использовать вышеупомянутую или другую зарегистрированную маркированную вакцину, прошедшую испытания в соответствии с рекомендациями ВОЗЖ. В этих целях также потребуются применение дифференцирующих ИФА-тест-систем.

В перспективе получения нашей страной официального признания ВОЗЖ благополучия по КЧС необходимо будет регулярно подтверждать статус с отправкой доказательных документов в научный комитет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Российской Федерации в последние годы случаев выявления КЧС зарегистрировано не было, но в связи с отсутствием нормативно закрепленной политики по оздоровлению страны и массовой иммунизации свиней живыми вакцинами в текущих условиях невозможно претендовать на получение статуса благополучия ВОЗЖ по КЧС.

На основании международного опыта и сложившейся к настоящему времени эпизоотической ситуации по КЧС на территории России в статье предложены подходы по совершенствованию эпизоотологического наблюдения/надзора (surveillance) и контроля за болезнью. Эти подходы гармонизированы с международными рекомендациями и соответствуют цели оздоровления страны, что обуславливает необходимость внесения изменений в действующие ветеринарные правила по КЧС.

В России разработаны необходимые для своевременной лабораторной диагностики КЧС методы. При этом

применение отдельных из них (ИФА) не в полной мере обосновано и не всегда соответствует стратегии оздоровления страны от КЧС. Однако разработка и внедрение реакции нейтрализации (FAVN и NPLA) в дальнейшем необходимы для дифференциации ложнопозитивных сывороток крови в ИФА. Данный метод будет особо актуален при отказе от вакцинации животных. Предложенные порядок и приоритет использования методов диагностики КЧС позволят с большей эффективностью использовать доступные ресурсы.

Предложенная в статье схема по совершенствованию эпизоотологического наблюдения и контроля за КЧС в Российской Федерации позволит приблизить нашу страну к получению статуса благополучия ВОЗЖ по КЧС, что в случае успеха будет способствовать повышению рентабельности свиноводческой отрасли и экспортного потенциала России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Edwards S., Fukusho A., Lefèvre P.-C., Lipowski A., Pejsak Z., Roehe P., Westergaard J. Classical swine fever: the global situation. *Veterinary Microbiology*. 2000; 73 (2–3): 103–119. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(00\)00138-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(00)00138-3)
- WOAH. World Animal Health Information System. <https://wahis.woah.org>
- Infection with classical swine fever virus. In: *WOAH. Terrestrial Animal Health Code*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/2023/chapitre_csf.pdf
- Власова А. Н. Филогенетический анализ изолятов вируса классической чумы свиней и вируса репродуктивно-респираторного синдрома свиней, циркулирующих на территории России и Белоруссии: дис. канд. биол. наук. М.; 2003. 121 с.
- Classical Swine Fever. May 2025. https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/classical_swine_fever.pdf
- Оганесян А. С., Шевцов А. А., Щербачев А. В., Коренной Ф. И., Караулов А. К. Классическая чума свиней: ретроспективный анализ эпизоотической ситуации в Российской Федерации (2007–2021 гг.) и прогноз на 2022 г. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (3): 229–238. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-3-229-238>
- Ахунова А. Р., Галеева А. Г., Ефимова М. А., Мингалеев Д. Н. Классическая чума свиней: современные перспективы вакцинопрофилактики. *Ветеринария Кубани*. 2024; (1): 9–14. <https://elibrary.ru/ietpif>
- Шевцов А. А., Колбин И. С., Караулов А. К., Иголкин А. С. Методические рекомендации по планированию лабораторных исследований и отбору проб для совершенствования эпизоотологического наблюдения за классической чумой свиней на территории Российской Федерации. М.: ФГБУ «Росинформагротех»; 2025. 44 с. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/6f3/b5s8dt85005507nunts4bhuv4p2j1s.pdf>
- Coronado L., Perera C. L., Rios L., Frías M. T., Pérez L. J. A critical review about different vaccines against classical swine fever virus and their repercussions in endemic regions. *Vaccines*. 2021; 9 (2):154. <https://doi.org/10.3390/vaccines9020154>
- De Oliveira L. G., Gatto I. R. H., Mechler-Dreibe M. L., Almeida H. M. S., Sonálio K., Storino G. Y. Achievements and challenges of classical swine fever eradication in Brazil. *Viruses*. 2020; 12 (11):1327. <https://doi.org/10.3390/v12111327>
- Viana F. C. História e memória da peste suína africana no Brasil: passos e descompassos. FEPMVZ Editora: Belo Horizonte, MG; 2008. 266 p.
- Freitas T. R. P., Esteves E. G., Oliveira A. M., Joineau M. E. G., Duarte A. C. S., Vargas I., Caldas L. A., Rebello M. A. Classical swine fever in Brazil: study for the survey of classical swine fever outbreaks in Brazil from 1978 to 2004. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 2007; 28 (2): 277–286. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n2p277>
- Postel A., Nishi T., Kameyama K. I., Meyer D., Suckstorff O., Fukai K., Becher P. Reemergence of classical swine fever, Japan, 2018. *Emerging Infectious Diseases*. 2019; 25 (6): 1228–1231. <https://doi.org/10.3201/eid2506.181578>
- Fan J., Liao Y., Zhang M., Liu C., Li Z., Li Y., et al. Anti-classical swine fever virus strategies. *Microorganisms*. 2021; 9 (4):761. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040761>
- Shimizu Y., Hayama Y., Murato Y., Sawai K., Yamaguchi E., Yamamoto T. Epidemiological analysis of classical swine fever in wild boars in Japan. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17 (1):188. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02891-0>
- Ito S., Bosch J., Aguilar-Vega C., Isoda N., Martínez-Avilés M., Sánchez-Vizcaino J. M. Development of an effective oral vaccine dissemination strategy against classical swine fever for wild boar in Gifu Prefecture, Japan. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2023; 2023:9484441. <https://doi.org/10.1155/2023/9484441>
- Hayama Y., Sawai K., Yoshinori M., Yamaguchi E., Shimizu Y., Yamamoto T. Pig farm vaccination against classical swine fever reduces the risk of transmission from wild boar. *Preventive Veterinary Medicine*. 2022; 198:105554. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105554>
- Шевцов А. А. Классическая чума свиней: перспективы искоренения. *Животноводство России*. 2021; (10): 27–30. <https://elibrary.ru/jfxalo>
- Шевцов А. А., Гаврилова В. Л., Горюшев О. Ю., Груздев К. Н. Современная эпизоотическая ситуация по КЧС в России. *Ветеринария сегодня*. 2012; (1): 55–58. <https://elibrary.ru/stxskl>
- Оганесян А. С., Шевцов А. А., Шибяев М. А., Коренной Ф. И., Баскакова Н. Е., Караулов А. К. Классическая чума свиней: ретроспективный анализ эпизоотической ситуации в Российской Федерации (1996–2015 гг.). *Ветеринария сегодня*. 2016; (3): 52–59. <https://elibrary.ru/qahagf>
- Li F., Li B., Niu X., Chen W., Li Y., Wu K., et al. The development of classical swine fever marker vaccines in recent years. *Vaccines*. 2022; 10 (4):603. <https://doi.org/10.3390/vaccines10040603>
- Moennig V., Floegel-Niesmann G., Greiser-Wilke I. Clinical signs and epidemiology of classical swine fever: a review of new knowledge. *The Veterinary Journal*. 2003; 165 (1): 11–20. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(02\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(02)00112-0)
- Гуленкин В. М., Петрова О. Н., Коренной Ф. И. Методологические аспекты признания территории, свободной от опасных болезней животных. *Ветеринария*. 2011; (3): 23–28. <https://elibrary.ru/lvgfow>
- Classical swine fever (infection with classical swine fever virus). In: *WOAH. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.09.02_CSF.pdf
- Terpstra C., Bloemraad M., Gielkens A. L. J. The neutralizing peroxidase-linked assay for detection of antibody against swine fever virus. *Veterinary Microbiology*. 1984; 9 (2): 113–120. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(84\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0378-1135(84)90026-9)
- Zhao Y., Cui X., Sang H., Wen S., Han L., Yang P., et al. The prevalence and genetic characteristics of porcine circovirus type 2 in Shandong Province, China, 2018–2020. *Current Issues in Molecular Biology*. 2024; 46 (12): 13542–13553. <https://doi.org/10.3390/cimb46120809>
- Björklund H., Lowings P., Stadejek T., Vilcek S., Greiser-Wilke I., Paton D., Belák S. Phylogenetic comparison and molecular epidemiology of classical swine fever virus. *Virus Genes*. 1999; 19 (3): 189–195. <https://doi.org/10.1023/a:1008132613228>
- Depner K., Hoffmann B., Beer M. Evaluation of real-time RT-PCR assay for the routine *intra vitam* diagnosis of classical swine fever. *Veterinary Microbiology*. 2007; 121 (3–4): 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.jvetmic.2006.12.027>
- Ning P., Li H., Liang W., Guo K., Tan X., Cao W., Cheng L., Zhang Y. Detection and differentiation of classical swine fever virus strains C and Shimen by high-resolution melt analysis. *Journal of Virological Methods*. 2013; 194 (1–2): 129–131. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.07.048>
- Колбин И. С., Иголкин А. С., Гаврилова В. Л., Пузанкова О. С., Аронова Е. В., Елсукова А. А., Власова Н. Н. Определение репродуктивных свойств вируса классической чумы свиней вирулентных и вакцинных штаммов в первичных и перевиваемых культурах клеток. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (2): 149–155. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-2-149-155>
- Колбин И. С., Власова Н. Н., Иголкин А. С., Елсукова А. А., Гаврилова В. Л., Пузанкова О. С. Методические рекомендации по выделению вируса классической чумы свиней на первичных культурах клеток (СС, КМС, СП, ТЯ, ТС) с идентификацией возбудителя методом полимеразной цепной реакции с гибридно-флуоресцентной детекцией в режиме реального времени: утв. ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 14.09.2021 № 42-21. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2021. 56 с.
- Wang L., Madera R., Li Y., McVey D. S., Drolet B. S., Shi J. Recent advances in the diagnosis of classical swine fever and future perspectives. *Pathogens*. 2020; 9 (8):658. <https://doi.org/10.3390/pathogens9080658>
- Сергеев В. А., Орлякин Б. Г., Алексеев К. П., Забережный А. Д., Алипер Т. И., Непоклонов Е. А. Вакцины и стратегия вакцинации против классической чумы свиней. *Ветеринария*. 2018; (4): 3–11. <https://elibrary.ru/ywmlzj>
- Vandeputte J., Too H. L., Ng F. K., Chen C., Chai K. K., Liao G. A. Adsorption of colostral antibodies against classical swine fever, persistence of maternal antibodies, and effect on response to vaccination in baby pigs. *American Journal of Veterinary Research*. 2001; 62 (11): 1805–1811. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1805>
- Алексеев К. П., Раев С. А., Южаков А. Г., Шемельков Е. В., Латышев О. Е., Елисеева О. В. и др. Разработка и испытание образцов рекомбинантной субъединичной вакцины против классической чумы свиней. *Сельскохозяйственная биология*. 2019; 54 (6): 1236–1246. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.6.1236rus>

36. Корнеева Ю. В., Алексеев К. П., Кунаков К. Ю., Шемельков Е. В., Алипер Т. И., Верховский О. А. Эффективность рекомбинантной маркированной вакцины «ВЕРРЕС-К4С-Е2» против классической чумы свиней при заражении животных высокой дозой вирулентного штамма «Ши-Мынь» вируса КЧС. *Ветеринария*. 2025; (5): 18–24. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.5.18-24>

REFERENCES

- Edwards S., Fukusho A., Lefèvre P.-C., Lipowski A., Pejsak Z., Roehle P., Westergaard J. Classical swine fever: the global situation. *Veterinary Microbiology*. 2000; 73 (2–3): 103–119. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(00\)00138-3](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(00)00138-3)
- WOAH. World Animal Health Information System. <https://wahis.woah.org>
- Infection with classical swine fever virus. In: *WOAH. Terrestrial Animal Health Code*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/2023/chapitre_csf.pdf
- Vlasova A. N. Phylogenetic analysis of isolates of classical swine fever virus and porcine reproductive and respiratory syndrome circulating in Russia and Belarus: Author's thesis for degree of Cand. Sci. (Biology). Moscow; 2003. 121 p. (in Russ.)
- Classical Swine Fever. May 2025. https://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/classical_swine_fever.pdf
- Oganesyan A. S., Shevtsov A. A., Shcherbakov A. V., Korennoy F. I., Karaulov A. K. Classical swine fever: a retrospective analysis of the epizootic situation in the Russian Federation (2007–2021) and forecast for 2022. *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (2): 229–238. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-3-229-238>
- Akhunova A. R., Galeeva A. G., Efimova M. A., Mingaleev D. N. Classic swine fever: modern prospectives of vaccine prevention. *Veterinaria Kubani*. 2024; (1): 9–14. <https://elibrary.ru/ietpjjf> (in Russ.)
- Shevtsov A. A., Kolbin I. S., Karaulov A. K., Igolkin A. S. The recommendations for planning laboratory studies and sampling to improve epizootological surveillance over classical swine fever in the Russian Federation. Moscow: Rosinformagrotech; 2025. 44 p. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/6f3/b5s8dt85o05507nuntsq4bhuvc4p2j1s.pdf> (in Russ.)
- Coronado L., Perera C. L., Rios L., Frias M. T., Pérez L. J. A critical review about different vaccines against classical swine fever virus and their repercussions in endemic regions. *Vaccines*. 2021; 9 (2):154. <https://doi.org/10.3390/vaccines9020154>
- De Oliveira L. G., Gatto I. R. H., Mechler-Dreibi M. L., Almeida H. M. S., Sonálio K., Storino G. Y. Achievements and challenges of classical swine fever eradication in Brazil. *Viruses*. 2020; 12 (11):1327. <https://doi.org/10.3390/v12111327>
- Viana F. C. História e memória da peste suína africana no Brasil: passos e descompassos. FEPMVZ Editora: Belo Horizonte, MG; 2008. 266 p. (in Portuguese)
- Freitas T. R. P., Esteves E. G., Oliveira A. M., Joineau M. E. G., Duarte A. C. S., Vargas I., Caldas L. A., Rebello M. A. Classical swine fever in Brazil: study for the survey of classical swine fever outbreaks in Brazil from 1978 to 2004. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 2007; 28 (2): 277–286. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n2p277> (in Portuguese)
- Postel A., Nishi T., Kameyama K. I., Meyer D., Suckstorff O., Fukai K., Becher P. Reemergence of classical swine fever, Japan, 2018. *Emerging Infectious Diseases*. 2019; 25 (6): 1228–1231. <https://doi.org/10.3201/eid2506.181578>
- Fan J., Liao Y., Zhang M., Liu C., Li Z., Li Y., et al. Anti-classical swine fever virus strategies. *Microorganisms*. 2021; 9 (4):761. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040761>
- Shimizu Y., Hayama Y., Murato Y., Sawai K., Yamaguchi E., Yamamoto T. Epidemiological analysis of classical swine fever in wild boars in Japan. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17 (1):188. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02891-0>
- Ito S., Bosch J., Aguilar-Vega C., Isoda N., Martínez-Avilés M., Sánchez-Vizcaino J. M. Development of an effective oral vaccine dissemination strategy against classical swine fever for wild boar in Gifu Prefecture, Japan. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2023; 2023:9484441. <https://doi.org/10.1155/2023/9484441>
- Hayama Y., Sawai K., Yoshinori M., Yamaguchi E., Shimizu Y., Yamamoto T. Pig farm vaccination against classical swine fever reduces the risk of transmission from wild boar. *Preventive Veterinary Medicine*. 2022; 198:105554. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105554>
- Shevtsov A. A. Classical swine fever: prospects of eradication. *Animal Husbandry of Russia*. 2021; (10): 27–30. <https://elibrary.ru/jfxalo> (in Russ.)
- Shevtsov A. A., Gavrilova V. L., Goryushev O. Yu., Gruzdev K. N. Current CSF epidemic situation in Russia. *Veterinary Science Today*. 2012; (1): 55–58. <https://elibrary.ru/stxskl>
- Oganesyan A. S., Shevtsov A. A., Shibayev M. A., Korennoy F. I., Baskakova N. E., Karaulov A. K. Classical swine fever: retrospective analysis of epidemic situation in Russian Federation (1996–2015). *Veterinary Science Today*. 2016; (3): 52–59. <https://elibrary.ru/qahagf> (in Russ.)
- Li F., Li B., Niu X., Chen W., Li Y., Wu K., et al. The development of classical swine fever marker vaccines in recent years. *Vaccines*. 2022; 10 (4):603. <https://doi.org/10.3390/vaccines10040603>
- Moennig V., Floegel-Niesmann G., Greiser-Wilke I. Clinical signs and epidemiology of classical swine fever: a review of new knowledge. *The Veterinary Journal*. 2003; 165 (1): 11–20. [https://doi.org/10.1016/s1090-0233\(02\)00112-0](https://doi.org/10.1016/s1090-0233(02)00112-0)
- Gulenkin V. M., Petrova O. N., Korennoy F. I. Methodological aspects of recognition territories as free of animal diseases. *Veterinariya*. 2011; (3): 23–28. <https://elibrary.ru/lvgfow> (in Russ.)
- Classical swine fever (infection with classical swine fever virus). In: *WOAH. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.09.02_CSF.pdf
- Terpstra C., Bloemraad M., Gielkens A. L. J. The neutralizing peroxidase-linked assay for detection of antibody against swine fever virus. *Veterinary Microbiology*. 1984; 9 (2): 113–120. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(84\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0378-1135(84)90026-9)
- Zhao Y., Cui X., Sang H., Wen S., Han L., Yang P., et al. The prevalence and genetic characteristics of porcine circovirus type 2 in Shandong Province, China, 2018–2020. *Current Issues in Molecular Biology*. 2024; 46 (12): 13542–13553. <https://doi.org/10.3390/cimb46120809>
- Björklund H., Lowings P., Stadejek T., Vilcek S., Greiser-Wilke I., Paton D., Belák S. Phylogenetic comparison and molecular epidemiology of classical swine fever virus. *Virus Genes*. 1999; 19 (3): 189–195. <https://doi.org/10.1023/a:1008132613228>
- Depner K., Hoffmann B., Beer M. Evaluation of real-time RT-PCR assay for the routine *intra vitam* diagnosis of classical swine fever. *Veterinary Microbiology*. 2007; 121 (3–4): 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.12.027>
- Ning P., Li H., Liang W., Guo K., Tan X., Cao W., Cheng L., Zhang Y. Detection and differentiation of classical swine fever virus strains C and Shimen by high-resolution melt analysis. *Journal of Virological Methods*. 2013; 194 (1–2): 129–131. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.07.048>
- Kolbin I. S., Igolkin A. S., Gavrilova V. L., Puzankova O. S., Aronova Ye. V., Yelsukova A. A., Vlasova N. N. Determination of reproductive properties of virulent and vaccine classical swine fever virus strains in primary and continuous cell cultures. *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (2): 149–155. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-2-149-155>
- Kolbin I. S., Vlasova N. N., Igolkin A. S., Yelsukova A. A., Gavrilova V. L., Puzankova O. S. Methodical guidelines for classical swine fever virus isolation in primary cell cultures (PS, PBM, PK, PT, LT) followed by the virus identification with real-time polymerase chain reaction including detection using fluorescent hybridization probes: approved by the Federal Centre for Animal Health on 14 September 2021, No. 42-21. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2021. 56 p. (in Russ.)
- Wang L., Madera R., Li Y., McVey D. S., Drolet B. S., Shi J. Recent advances in the diagnosis of classical swine fever and future perspectives. *Pathogens*. 2020; 9 (8):658. <https://doi.org/10.3390/pathogens9080658>
- Sergeyev V. A., Orlyankin B. G., Alekseyev K. P., Zaberezhny A. D., Ali-per T. I., Nepoklonov E. A. Vaccines and vaccination strategies against classical swine fever. *Veterinariya*. 2018; (4): 3–11. <https://elibrary.ru/ywmlzj> (in Russ.)
- Vandeputte J., Too H. L., Ng F. K., Chen C., Chai K. K., Liao G. A. Adsorption of colostral antibodies against classical swine fever, persistence of maternal antibodies, and effect on response to vaccination in baby pigs. *American Journal of Veterinary Research*. 2001; 62 (11): 1805–1811. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1805>
- Alekseev K. P., Raev S. A., Yuzhakov A. G., Shemelkov E. V., Latshev O. E., Eliseeva O. V., et al. Experimental subunit vaccine against classical swine fever development and trial. *Agricultural Biology*. 2019; 54 (6): 1236–1246. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.6.1236eng>
- Korneeva Yu. V., Alekseev K. P., Kunakov K. Yu., Shemelkov E. V., Ali-per T. I., Verkhovsky O. A. The efficacy of recombinant marker vaccine “VERRES-CSF-E2” against classical swine fever under the challenge with a high dose of the virulent strain “Shi-Men”CSFV. *Veterinariya*. 2025; (5): 18–24. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.5.18-24> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 11.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 16.12.2025

Принята к публикации / Accepted 29.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Садчикова Анастасия Сергеевна, ветеринарный врач референтной лаборатории по африканской чуме свиней, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-0801-2394>, sadchikova@arriah.ru

Anastasiya S. Sadchikova, Veterinarian, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-0801-2394>, sadchikova@arriah.ru

Шевцов Александр Анатольевич, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2555-6043>, shevctov@arriah.ru

Alexander A. Shevtsov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Information and Analysis Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2555-6043>, shevctov@arriah.ru

Лаврентьев Иван Андреевич, ведущий ветеринарный врач референтной лаборатории по африканской чуме свиней, ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0009-0003-0552-3812>, lavrentev@arriah.ru

Ivan A. Lavrentiev, Leading Veterinarian, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0009-0003-0552-3812>, lavrentev@arriah.ru

Шотин Андрей Романович, канд. вет. наук, старший научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-9884-1841>, shotin@arriah.ru

Andrey R. Shotin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9884-1841>, shotin@arriah.ru

Иголкин Алексей Сергеевич, канд. вет. наук, заместитель руководителя лабораторно-диагностического центра, заведующий референтной лабораторией по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5438-8026>, igolkin_as@arriah.ru

Alexey S. Igolkin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Deputy Head of the Laboratory Diagnostic Center, Head of Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5438-8026>, igolkin_as@arriah.ru

Чернышев Роман Сергеевич, канд. биол. наук, младший научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3604-7161>, chernishev_rs@arriah.ru

Roman S. Chernyshev, Cand. Sci. (Biology), Junior Research, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3604-7161>, chernishev_rs@arriah.ru

Вклад авторов: Садчикова А. С. – предложение подхода по оздоровлению России от КЧС, подготовка текста статьи; Шевцов А. А. – научное руководство, подготовка и редактирование текста статьи; Лаврентьев И. А. – оформление рисунков, редактирование текста статьи; Шотин А. Р. – редактирование текста статьи; Иголкин А. С. – научное руководство и редактирование текста статьи; Чернышев Р. С. – подготовка и редактирование текста статьи.

Contribution of the authors: Sadchikova A. S. – conceptualization of the approach for CSF eradication in Russia; writing – original draft preparation; Shevtsov A. A. – supervision, original draft preparation and writing; Lavrentiev I. A. – visualization, review and editing; Shotin A. R. – editing of the article; Igolkin A. S. – supervision, review and editing; Chernyshev R. S. – original draft preparation, review and editing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-87-94>

УДК 619:578.831.11:578.832.1:598.2:616-079.4

Тест-система для дифференциации вирусов гриппа птиц и ньюкаслской болезни в органах больных и павших кур

Е. Ю. Шустова¹, А. С. Гамбарян¹, Е. Ю. Боравлева¹, А. А. Трещалина¹, А. А. Сейтаблаев¹, С. И. Березовский²

¹ ФГАНУ «Федеральный научный центр исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита) [ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита)], пос. Института полиомиелита, домовладение 8, корп. 1, г. Москва, 108819, Россия

² ООО «ВЕТ ФАКТОР», ул. Промышленная, 2, г. Троицк, 108840, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Грипп птиц и ньюкаслская болезнь представляют собой серьезную угрозу для здоровья птиц. Оба заболевания характеризуются высокой контагиозностью и в условиях быстрого распространения могут привести к серьезным убыткам. Признаки болезней часто схожи, что затрудняет быструю диагностику и принятие экстренных мер по изоляции больных особей. Оперативное распознавание заболеваний является критически важным для своевременного реагирования.

Цель исследования. Целью работы является разработка простой тест-системы для детекции вируса гриппа птиц и парамиксовирусов в органах больных и павших птиц при возникновении вспышек заболеваний в птицеводческих хозяйствах.

Материалы и методы. Для дифференциации вирусов гриппа птиц и парамиксовирусов в патологическом материале, полученном от больной и павшей птицы, применяли 96-луночные планшеты, покрытые раствором фетуина и анти-ВНБ IgY в соответствующих лунках. Полученные данные сопоставляли с результатами, полученными методами полимеразной цепной реакции и титрования на куриных эмбрионах.

Результаты. Разработанный метод выявления возбудителей основан на разных принципах связывания вирусов. Вирус гриппа связывается с рецепторным аналогом, а парамиксовирусы – с антителами к вирусу ньюкаслской болезни. Ранее на примере сотен штаммов было показано, что вирус гриппа А разных субтипов связывается с сialogликозильными остатками сывороточного белка эмбриона коровы – фетуина. В то же время ни один из исследованных при проведении работы изолятов парамиксовирусов не связывался с данным сialogликопротеином. Для связывания парамиксовирусов использовали иммуноглобулины, выделенные из яичного желтка кур, иммунизированных против ньюкаслской болезни. Связывание проводили на 96-луночных планшетах в системе, аналогичной иммуноферментному анализу.

Заключение. Разработанный способ выявления вирусов в гомогенатах тканей органов инфицированных кур позволяет за несколько часов идентифицировать и дифференцировать вирусы гриппа птиц и ньюкаслской болезни, что является важным шагом в предотвращении распространения и ликвидации очагов опасных болезней.

Ключевые слова: вирус ньюкаслской болезни, вирус гриппа птиц, дифференциальная диагностика

Благодарности: Исследование профинансировано ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита). Постановку полимеразной цепной реакции осуществляли в ООО «ВЕТ ФАКТОР».

Для цитирования: Шустова Е. Ю., Гамбарян А. С., Боравлева Е. Ю., Трещалина А. А., Сейтаблаев А. А., Березовский С. И. Тест-система для дифференциации вирусов гриппа птиц и ньюкаслской болезни в органах больных и павших кур. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 87–94. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-87-94>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Шустова Елена Юрьевна, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии вирусов ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), поселение Московский, пос. Института полиомиелита, домовладение 8, корп. 1, г. Москва, 108819, Россия, shustova_eu@chumakovs.ru

Differentiation of avian influenza and Newcastle disease viruses in organ samples from sick and dead chickens using a rapid test kit

Elena Yu. Shustova¹, Aleksandra S. Gambaryan¹, Elizaveta Yu. Boravleva¹, Anastasiya A. Treshchalina¹, Artem A. Seitablaev¹,

Stanislav I. Berezovsky²

¹ Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis), poselok Institute of Poliomyelitis, 8/1, Moscow 108819, Russia

² VET FAKTOR LLC, ul. Promyshlennaya, 2, Troitsk 108840, Moscow, Russia

ABSTRACT

Introduction. Avian influenza virus (AIV) and Newcastle disease virus (NDV) pose serious threats to poultry health. Both pathogens are highly contagious and, due to their rapid spread, can lead to significant economic losses. Overlapping clinical signs complicate field differentiation of these diseases and delay response measures to isolate affected poultry. Rapid disease detection is critical for ensuring a timely response.

Objective. To develop a user-friendly test kit for detection of AIV and paramyxoviruses in organ samples from sick and dead chickens during disease outbreaks in commercial poultry operations.

Materials and methods. To differentiate AIV and paramyxoviruses in pathological samples collected from sick and dead birds, 96-well plates coated with fetuin and anti-NDV IgY in designated wells were used. The results obtained were compared with those from polymerase chain reaction (PCR) and virus titration in chicken embryos.

Results. The developed method for pathogen detection is based on distinct virus-binding principles: influenza virus binds to a receptor analog, while paramyxoviruses bind to NDV specific antibodies. Previous studies using hundreds of strains have demonstrated that influenza A virus of various subtypes binds to the sialoglycosyl

© Шустова Е. Ю., Гамбарян А. С., Боравлева Е. Ю., Трещалина А. А., Сейтаблаев А. А., Березовский С. И., 2026

residues of bovine fetal serum protein – fetuin. In contrast, none of the paramyxovirus isolates tested bound to this sialoglycoprotein. For paramyxovirus capture, immunoglobulins isolated from the egg yolks of chickens immunized against NDV were utilized. Binding was performed in 96-well plates using a test-kit analogous to enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA).

Conclusion. The developed method enables the identification and differentiation of AIV and NDV in organ tissue homogenates from infected chickens within a few hours, representing a significant step toward preventing the spread and facilitating the eradication of dangerous disease outbreaks.

Keywords: Newcastle disease virus (NDV), avian influenza virus (AIV), differential diagnosis

Acknowledgements: Study funded by Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of Russian Academy of Sciences (Institute of Poliomyelitis). The polymerase chain reaction was performed with assistance of VET FACTOR LLC.

For citation: Shustova E. Yu., Gambaryan A. S., Boravleva E. Yu., Treshchalina A. A., Seitablaev A. A., Berezovsky S. I. Differentiation of avian influenza and Newcastle disease viruses in organ samples from sick and dead chickens using a rapid test kit. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 87–94. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-87-94>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Elena Yu. Shustova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Laboratory for Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), poselenie Moskovskii, poselok Institute of Poliomyelitis, 8/1, Moscow 108819, Russia, shustova_eu@chumakovs.ru

ВВЕДЕНИЕ

Ньюкаслская болезнь (НБ) является одной из самых распространенных инфекционных болезней птиц и встречается на всех континентах, за исключением Антарктиды. Вирус ньюкаслской болезни (ВНБ) оболочечный, с несегментированной однонитчатой (–)РНК относится к семейству *Paramyxoviridae* [1]. По патогенности для цыплят штаммы ВНБ подразделяются на апатогенные, лентогенные, мезогенные и велоогенные. Велоогенный вирус вызывает нейротропную или висцеротропную инфекцию в зависимости от локализации. У инфицированной птицы повышается температура, пропадает аппетит, птица выглядит вялой, малоактивной, много спит, возникает поражение дыхательной системы с признаками удушья. В случае висцеротропной инфекции главным образом поражается желудочно-кишечный тракт. Наблюдается некроз тканей селезенки и печени, появление кровотока язв в кишечнике. Помет жидкий, зеленого цвета. Из клюва выделяется тягучая серая слизь, птица чихает и совершает глотательные движения. Могут возникать массовые конъюнктивиты. Перед смертью при нейротропной инфекции часто наблюдаются тремор мышц, искривление шеи, опистотонус. Наиболее характерной клинической картиной при заражении ВНБ, в отличие от инфицирования другими высокопатогенными вирусами птиц, является обширное поражение лимфоидной ткани. Смертность может достигать 100% [2, 3]. ВНБ относится к виду *Orthoavulavirus javaense* (OAVJ, ранее известный как AOAV-1) рода *Orthoavulavirus* и филогенетически делится более чем на два десятка генотипов. С момента открытия вируса в 30-х гг. XX в. зафиксировано 4 панзоотии, последняя из которых, вызванная генотипами V, VI, VII, VIII, продолжается в настоящее время. В последние годы в Африке и Евразии наблюдались многочисленные вспышки НБ, вызываемые вирусом VII генотипа (субгенотип VII.1.1) [4]. В России зарегистрированы десятки вспышек, при этом, по всей вероятности, большое их количество осталось незарегистрировано [5]. Вирусы заносятся на птичьи дворы дикими птицами, которые в сельской местности свободно кормятся вместе с курами [6]. Методами борьбы с НБ являются вакцинация и карантинные меры.

Высокопатогенный грипп птиц не только наносит громадный экономический ущерб птицеводству, но и представляет угрозу здоровью животных и человека [7]. В Америке вирус гриппа птиц (ВГП) субтипа H5 вызывал многократные вспышки среди млекопитающих (лис, тюленей, енотов и других). Более того, ВГП стал поражать дойных коров с выделе-

нием большого количества инфекционного агента в молоко. Риск межвидовой передачи возбудителя и его адаптации к человеку при этом возрос многократно [8].

Подтипы H5 и H7 ВГП являются причиной многочисленных вспышек заболеваний среди диких и домашних птиц и гибели не менее 422 млн домашних птиц с 2005 г. Они вызвали 2634 случая заболевания людей по всему миру, включая более 1000 случаев смерти [9]. ВГП распространяется перелетными дикими птицами, он стал причиной трех волн вспышек гриппа на нескольких континентах. Третья волна, начавшаяся в 2020 г., продолжается.

Своевременная регистрация вспышек НБ и гриппа птиц – необходимое условие предотвращения распространения вирусов. В последние годы разработано много методов экспресс-диагностики этих болезней. Для обнаружения ВГП и ВНБ была разработана методика иммунохроматографического анализа (ИХА) с использованием меченных золотом антител. Данный метод обладает высокой чувствительностью, а результат реакции учитывается визуально [10, 11]. Разработан тест с коллоидной золотой полоской (CGS) для обнаружения ВГП/H5, который может применяться в полевых условиях [12]. Также были разработаны ИХА-методики для детекции ВГП субтипа H9 [13]; для быстрого обнаружения возбудителя подтипа H7 с использованием моноклональных антител против вируса гриппа A/H7N9 [14, 15] и для выявления представителей подтипа H6 [16]. Все методы, основанные на использовании стрипов, удобны при контроле за конкретной вспышкой – недорогие, быстрые и чувствительные. Однако, поскольку в их основе лежит использование моноклональных антител, они нацелены на конкретный патоген, и при внезапной вспышке заболевания неизвестной природы, скорее всего, окажутся непригодными.

Ранее мы описали метод детекции и дифференциации вируса гриппа птиц и парамиксовирусов птиц на 96-луночных панелях [17]. Детекция вирусов проводилась в аллантоисной жидкости после культивирования их в куриных эмбрионах. Однако для экспресс-диагностики в небольших птицеводческих хозяйствах востребованы методы, не требующие предварительного наращивания вируса.

Цель работы – разработка методики выявления на одном планшете разных субтипов вируса гриппа птиц и парамиксовируса в органах больных и павших птиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реагенты и растворы. В работе использовались: МусоKill AB (PAA Laboratories GmbH, Австрия); пероксидаза

хрена (#P8375, Sigma-Aldrich, США); антитела против иммуноглобулинов мыши и курицы, конъюгированные с пероксидазой хрена (Sigma, США); фетуин (#F3004, Sigma-Aldrich, США).

Растворы:

- фосфатно-солевой буфер – 0,02 М, pH 7,2 (PBS);
- PBS с добавлением 0,1 мг/мл канамицина, 0,4 мг/мл гентамицина, 0,01 мг/мл нистатина и 2%-го раствора МусоKill АВ;
- промывочный раствор – 0,01%-й твин-80 в PBS;
- блокирующий раствор – 0,1%-й раствор бычьего сывроточного альбумина (БСА; 1 мг/мл) в PBS;
- реакционный буфер – 0,02%-й твин-80 и 0,1%-й БСА в PBS;
- субстратный раствор – 1 мг 3,3',5,5'-тетраметилбензидина (ТМБ) и 10 мкл 30%-й перекиси водорода в 10 мл 0,05 М буфера ацетата натрия, pH 5,5;
- стоп-раствор – 3%-й водный раствор серной кислоты;
- растворы для синтеза препаратов, меченных пероксидазой хрена (HRP);
- свежеприготовленный 0,2 М раствор NaIO_4 в воде;
- 1 М и 0,1 М буферы карбоната натрия, pH 9,3;
- свежеприготовленный раствор NaNH_4 в воде (5 мг/мл);
- 1 М Трис-буфер, pH 6,0;
- 0,1 М Трис-буфер, pH 7,2.

Животные. Куриные эмбрионы (КЭ) поступили с птицефабрики «Птичное» (г. Москва), куры – с птицефабрики «Томилинская» (Московская область). Работа с живыми вирусами проводилась в помещении биологической безопасности 3-го уровня. Все испытания осуществлялись в соответствии со стандартом, регулирующим содержание и уход за лабораторными животными ГОСТ 33215-2014¹.

Вирусы. Апатогенные штаммы ВГП и парамиксовирусы выделяли из фекалий уток в ходе многолетнего мониторинга гриппа птиц в популяции кряквы. Свежие фекалии, собранные на берегах прудов г. Москвы [18], суспендировали в двойном объеме PBS с добавлением антибиотиков: 0,4 мг/мл гентамицина, 0,1 мг/мл канамицина, 0,01 мг/мл нистатина и 2%-го раствора МусоKill АВ. После центрифугирования в течение 10 мин при 4000 об/мин супернатантом заражали 10-суточные КЭ. Через 48 ч собирали вирусосодержащую аллантоисную жидкость (ВАЖ) и отбирали пробы, положительные в реакции гемагглютинации (РГА), которые проходили трехкратное пассирование.

Высокопатогенный штамм ВНБ NDV/Chicken/Moscow/6081/2022 (ch6081) был выделен из почек погибших кур [18]. Для этого ткань растирали с мелкодисперсным стеклом, добавляли PBS с 0,1 мг/мл канамицина, 0,4 мг/мл гентамицина, 0,01 мг/мл нистатина и 2%-м раствором МусоKill АВ, центрифугировали и заражали КЭ. Дважды в сутки контролировали гибель эмбрионов. У погибших КЭ отбирали ВАЖ. Полученный вирус клонировали и секвенировали [19].

Высоковирулентные штаммы ВГП A/chicken Kurgan/3/2005 (H5N1) и A/FPV/Rostock/34 (H7N1) были любезно предоставлены доктором биологических наук С. С. Ямниковой (Институт вирусологии им. Д. И. Ивановского, г. Москва).

Получение яиц, содержащих иммуноглобулины к ВНБ. Несушек заражали непатогенным штаммом NDV/Duck/Moscow/3639/2008 (d3639), добавляя в поилку 10^8 ЭИД₅₀ вируса на курицу. Через 2 нед. кур инфицировали высокопатогенным штаммом NDV/chicken/Moscow/6081/2022 (ch6081). Через 2 нед. собирали яйца иммунизированных кур [20].

Приготовление иммуноглобулинов яичного желтка (IgY). Желтки 4 яиц отделяли от белков, тщательно удаляли халазы, дважды промывали в холодной дистиллированной воде и переносили в пластиковый контейнер с 40 мл PBS с pH 7,4. Тщательно перемешивали, добавляли H_2O до объема 250 мл, доводили pH до 4,2 с помощью 1 М раствора соляной кис-

лоты и замораживали при -30°C . Через 20 ч суспензию размораживали и центрифугировали в течение 30 мин при 10 000 г. Добавляли 1 г порошка активированного угля в супернатант, перемешивали в течение 30 мин и фильтровали через бумажный фильтр [20]. Добавляли в фильтрат сульфат аммония до 25% и выдерживали в течение 2 ч при $+4^\circ\text{C}$. Центрифугировали 30 мин при 10 000 г, растворяли осадки в 10 мл PBS, аликвотировали и хранили при -20°C .

Получение антител к ВГП и ВНБ на мышах. Мышей инфицировали интраназально 50 мкл ВАЖ, содержащей 10^7 ЭИД₅₀ ВГП или ВНБ, дважды с интервалом в 2 нед. Через 2 нед. осуществляли тотальный забор крови у мышей и получали сыворотку.

Выявление вируса гриппа в ВАЖ. 96-луночные планшеты покрывали раствором фетуина 5 мкг/мл, промывали водой и блокировали. В лунки добавляли двукратные разведения ВАЖ начиная с разведения 1:1 и инкубировали 2 ч при $+4^\circ\text{C}$. После промывки добавляли раствор фетуина, меченного HRP (Fet-HRP), в реакционном буфере и инкубировали планшеты 1 ч при $+4^\circ\text{C}$. Отмывали и проводили цветную реакцию с ТМБ. Результаты учитывали с использованием спектрофотометра Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, США) при длине волны 450 нм.

Выявление вирусов на плашках, сенсibilизированных для дифференциальной диагностики. Для выявления ВГП и ВНБ 96-луночную плашку сенсibilизировали следующим образом. Ряды 1 и 12 не сенсibilизировали – они служили отрицательным контролем. Ряды 2–4 сенсibilизировали фетуином, а ряды 5 и 6 – анти-ВНБ IgY, который для ВГП служил вторым отрицательным контролем. Ряды 9–11 сенсibilизировали анти-ВНБ IgY, а ряды 7 и 8 – фетуином, который служил вторым отрицательным контролем для ВНБ. Панель, сенсibilизированную, как описано выше, блокировали раствором БСА. Затем в каждый ряд плашки вносили по 100 мкл вирусосодержащего раствора в одинаковой концентрации (один и тот же раствор в 12 лунках). Таким образом, на панели можно было анализировать 8 разных образцов. После инкубации в течение 2 ч при $+4^\circ\text{C}$ планшет промывали и добавляли в ряды 1–6 конъюгат Fet-HRP, а в ряды 7–12 – анти-ВНБ IgY-HRP в реакционном буфере и инкубировали в течение 1 ч при $+4^\circ\text{C}$. Отмывали и проводили цветную реакцию с ТМБ. Результаты учитывали на спектрофотометре Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, США) при длине волны 450 нм. В рядах 1–6 выявляли ВГП, а в рядах 7–12 – ВНБ.

Выявление вирусов в тканях кур. В эксперименте использовали 45 гол. кур породы леггорн, стандартизированных по возрасту и массе. Животные были разделены на равные группы: по 10 гол. в экспериментальных и по 5 гол. – в контрольных. Две группы были инфицированы ВГП (штаммы A/chicken/Kurgan/3/2005 H5N1 и A/FPV/Rostock/34 H7N1 соответственно), а одна группа – ВНБ (штамм NDV/Chicken/Moscow/6081/2022). Каждой экспериментальной группе соответствовала контрольная группа. Птицы содержались в отдельных клетках в разных помещениях в зависимости от группы. Всего использовали по 10 кур на точку. Для анализа патогенности вируса сначала птиц лишали воды на ночь. На следующий день в поилки добавляли 10 мл воды, содержащей 10^8 ЭИД₅₀ тестируемых вирусов, и ставили в клетку с птицами. Контрольная группа получала обычную воду.

У погибших или подвергнутых эвтаназии кур извлекали органы (почки, легкие, кишечник), гомогенизировали в двойном объеме PBS и центрифугировали 10 мин при 5000 об/мин. Супернатант использовали для дальнейшего анализа. Органы птиц контрольных групп обрабатывали идентично. Аликвоты супернатантов сохраняли для типирования вируса методом полимеразной цепной

¹ <https://docs.cntd.ru/document/1200127789>

Покрытие	Фетуин											
Выявление	Fet-HRP											
Разведение	H3N6	H3N6	H3N6	H3N8	H4N6	H4N6	ВНБ	ВНБ	АРМВ-4	АРМВ-4	АРМВ-4	АРМВ-4
ВАЖ	5163	519	5172	5908	4781	4771	3639	3604	4096	3575	5268	4696
1:1	0,99	0,95	0,98	1,14	0,95	0,93	0,09	0,09	0,10	0,11	0,20	0,15
1:2	0,97	0,97	0,91	1,12	0,92	0,91	0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,12
1:4	0,90	0,93	0,93	1,02	0,88	0,75	0,08	0,09	0,09	0,10	0,12	0,10
1:8	0,86	0,83	0,87	1,02	0,80	0,68	0,07	0,09	0,08	0,08	0,10	0,09
1:16	0,68	0,71	0,77	0,93	0,67	0,51	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09
1:32	0,51	0,59	0,62	0,82	0,50	0,35	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
1:64	0,38	0,45	0,49	0,71	0,34	0,27	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
1:128	0,24	0,30	0,38	0,50	0,22	0,15	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08

Рис. 1. Репрезентативный результат связывания положительных в реакции гемагглютинации образцов ВАЖ с меченым фетуином. Указана оптическая плотность при 450 нм

Fig. 1. Representative results showing the binding of HA-positive allantoic fluid samples to conjugated fetuin. Optical density was measured at 450 nm

Покрытие	Фетуин											
Выявление	Сыворотки мышей											
Разведение сывороток	анти-Н1N1	анти-Н3N2	анти-Н3N8	анти-Н4N6	анти-Н5N2	анти-Н5N3	анти-Н6N2	анти-Н7N1	анти-Н11N6	анти-Н11N9	анти-Н14N6	Нормальная сыворотка
Контроль 1:2	0,34	0,35	0,35	0,43	0,38	0,41	0,23	0,17	0,24	0,44	0,22	0,24
1:2	0,70	1,48	1,64	0,72	0,76	0,98	1,06	0,6	0,55	0,73	0,62	0,44
1:4	0,55	1,51	1,57	0,63	0,77	0,94	1,18	0,55	0,49	0,62	0,53	0,36
1:8	0,46	1,42	1,51	0,55	0,59	0,82	0,97	0,51	0,37	0,59	0,48	0,27
1:16	0,38	1,31	1,44	0,59	0,42	0,69	0,84	0,46	0,41	0,55	0,31	0,22
1:32	0,36	1,26	1,47	0,35	0,37	0,61	0,59	0,34	0,38	0,48	0,34	0,20
1:64	0,29	1,18	1,42	0,25	0,42	0,41	0,35	0,36	0,29	0,43	0,22	0,15
1:128	0,28	1,08	1,37	0,27	0,36	0,34	0,25	0,32	0,22	0,37	0,19	0,11

Рис. 2. Репрезентативный результат связывания ВАЖ, содержащей вирус A/duck/Moscow/5908/2021, с сывороткой крови мышей, иммунизированных вирусом группа разных субтипов. Указана оптическая плотность при 450 нм

Fig. 2. Representative results showing the binding of A/duck/Moscow/5908/2021-containing allantoic fluid to sera from mice immunized with different influenza virus subtypes. Optical density was measured at 450 nm

реакции (ПЦР) и титрования в КЭ, а остальной материал вносили в 12 лунок панели, подготовленной, как описано выше.

Выявление ВНБ с помощью анти-ВНБ IgY и их конъюгата с HRP. 96-луночный планшет покрывали раствором очищенного анти-ВНБ IgY 5 мкг/мл, промывали водой и блокировали в течение 1 ч раствором БСА. Затем в лунки добавляли испытуемые супернатанты гомогенизированных образцов в объеме 100 мкл и инкубировали 2 ч при +4 °С. Планшет промывали, добавляли конъюгат анти-ВНБ IgY-HRP в реакционном буфере и инкубировали 1 ч при +4 °С. После отмывки проводили цветную реакцию с ТМБ. Результаты учитывали на спектрофотометре Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific, США) при длине волны 450 нм.

Синтез препаратов, меченных пероксидазой хрена. Синтез Fet-HRP детально описан М. N. Matrosovich and А. S. Gambaryan [21]. Конъюгация HRP с анти-ВНБ IgY проводилась в соответствии с предложенной методикой. Свежеприготовленный 0,2 М раствор NaIO₄ в воде добавляли к HRP в бидистиллированной воде и инкубировали в течение 20 мин в темноте при комнатной температуре. Реакционную смесь обессоливали на колонке с сефадексом G25, добавляли растворы фетуина или иммунного IgY

в карбонатном буфере с pH 9,3 и инкубировали в течение 4 ч в темноте. Добавляли свежеприготовленный 5 мг/мл раствор NaBH₄ в воде и инкубировали в течение 30 мин на льду. Доводили pH до нейтрального с помощью 1 М Трис-буфера с pH 6,0 на льду. Проводили хроматографию на Sepharyl S-200, собирали фракции, содержащие HRP, смешивали и хранили аликвоты при -20 °С.

Выявление вирусов методом ПЦР. Наличие РНК ВГП и ВНБ в образцах определяли методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) с флуоресцентной детекцией в режиме реального времени в присутствии внутреннего контроля. Экстракцию РНК из биологического материала проводили с помощью коммерческого набора реагентов для выделения нуклеиновых кислот на магнитных частицах на основе сорбционного метода «ДНК/РНК-М-FLEX-ФАКТОР» (ООО «ВЕТ ФАКТОР», Россия). В работе для выявления наличия РНК ВГП и ВНБ использовали коммерческие наборы «ПЦР-ГРИПП-А-ФАКТОР» и «ПЦР-НЬЮКАСЛА-ФАКТОР» (ООО «ВЕТ ФАКТОР», Россия) соответственно. Матрицей для проведения ОТ-ПЦР служили пробы РНК, экстрагированные из исследуемого материала (образцы помета, фрагменты органов и тканей).

Покрытие	анти-ВНБ IgY												
	анти-ВНБ IgY-HRP												
Выявление	Разведение ВАЖ	H3N1 3554	H6N2 4031	H11N9 6454	ВНБ 6081	ВНБ 3639	ВНБ 3604	ВНБ LaSota	АРМВ-4 5268	АРМВ-4 4572	АРМВ-4 4096	АРМВ-4 3579	Контроль без вируса
	1:1	0,22	0,21	0,19	1,22	1,35	1,11	1,03	0,19	0,16	0,16	0,15	0,14
	1:2	0,19	0,16	0,16	1,11	1,23	1,06	0,89	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14
	1:4	0,17	0,15	0,15	1,02	1,10	0,97	0,83	0,15	0,15	0,16	0,14	0,15
	1:8	0,17	0,15	0,15	0,56	1,00	0,82	0,70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	1:16	0,18	0,15	0,16	0,36	0,74	0,61	0,53	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15
	1:32	0,17	0,15	0,15	0,28	0,53	0,44	0,44	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15
	1:64	0,16	0,15	0,14	0,22	0,38	0,31	0,37	0,13	0,14	0,15	0,15	0,14
	1:128	0,17	0,16	0,16	0,18	0,27	0,19	0,30	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15

Рис. 3. Выявление ВНБ на планшете, сенсibilизированном анти-ВНБ IgY и обработанном анти-ВНБ IgY-HRP. Указана оптическая плотность при 450 нм

Fig. 3. Detection of NDV on a plate coated with anti-NDV IgY, and treated with anti-NDV IgY-HRP. Optical density was measured at 450 nm

Этический статус. Исследования с участием животных проводили в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (г. Страсбург, 18.03.1986). Дизайн исследования одобрен этическим комитетом ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (разрешение № 4 от 02.12.2014). Принимались все меры для облегчения страданий животных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе мониторинга от перелетных птиц нами были изолированы десятки штаммов ВГП и парамиксовирусов [22]. Кроме того, при изучении вспышки заболеваний от кур в Московской области был выделен ВНБ [18]. Окончательная идентификация вирусов проводилась на основе полного или частичного секвенирования генома, но на первом этапе ВГП дифференцировали от ВНБ и АРМВ-4 (парамиксовирус птиц серотипа 4) с помощью твердофазного анализа (ТФА), технически аналогичного иммуноферментному анализу (ИФА). Представленные материалы описывают протоколы выявления и идентификации вирусов этим способом.

Дифференциация ВГП от парамиксовирусов. Выявление ВГП было основано на связывании вируса с сиалогликозильными остатками сывороточного белка эмбриона коровы (фетуином) [21]. ВАЖ инкубировали в лунках планшетов, сенсibilизированных фетуином. После сорбции и отмывки планшет инкубировали с раствором Fet-HRP и визуализировали с помощью цветной реакции. Окончательную идентификацию проводили путем частичного или полного секвенирования вируса. Все образцы ВГП были положительными в этом тесте, в то время как все парамиксовирусы были отрицательными (рис. 1).

Все вирусы были выделены из фекалий уток в Москве. Для ВГП указан субтип, для парамиксовирусов – класс. Во второй строке приводятся штаммы, которые обозначены лабораторным номером. В восьми лунках каждого ряда – двукратные разведения ВАЖ.

Субтипирование вируса гриппа в комбинированном тесте с фетуином и сыворотками крови мышей против ВГП разных подтипов. Сочетание связывания вируса с универсальным рецептором фетуина и детекции с использованием специфических антител упрощает определение подтипов тестируемых образцов ВГП. Пример подтипирования вируса штамма A/duck/Moscow/5908/2021 представлен на рисунке 2. Подтип вируса гриппа (H3N8) впоследствии был подтвержден секвенированием.

В лунки рядов планшетов В–Н, сенсibilизированных фетуином, внесли аллантоисную жидкость, содержащую

вирус A/duck/Moscow/5908/2021. Ряд А выступает в качестве контроля и не содержит вирус. Затем в каждый столбец добавляли двукратные разведения иммунных сывороток крови мышей. В последнем столбце титровали нормальную сыворотку крови мыши. На следующем этапе инкубировали планшеты с антителами к иммуноглобулинам мыши, конъюгированными с HRP. После промывки проводили цветную реакцию, которая визуализирует связывание антител.

Детекция парамиксовирусов с помощью твердофазного анализа. После двукратной иммунизации кур апатогенным штаммом ВНБ первого генотипа NDV/duck/Moscow/3639/2008 (d3639) и последующим заражением вельогенным штаммом NDV/chicken/Moscow/6081/2022 (ch6081) субгенотипа VII.1.1 собирали их яйца и получали IgY против ВНБ. IgY были сконцентрированы и очищены путем осаждения 25%-м сульфатом аммония и использованы для покрытия 96-луночных планшетов. Получили анти-ВНБ IgY, конъюгированные с HRP. В тесте с этими антителами все ВАЖ с ВНБ были положительными, в то время как все ВАЖ с ВГП и с АРМВ-4 были отрицательными (рис. 3).

Для вирусов гриппа указан субтип, для парамиксовирусов – класс. Во второй строке приводятся штаммы, которые обозначены номером. В восьми лунках каждого ряда – двукратные разведения ВАЖ.

Детекция вирусов в тканях органов больных кур. В трех вышеприведенных тестах регистрировали наличие ВГП или ВНБ в аллантоисной жидкости после их наработки в КЭ. Однако культивировать и проводить выделение вирусов в мелких птицеводческих хозяйствах невозможно, особенно в частных подворьях. Поэтому была изучена возможность выявления вирусов в экстрактах, полученных из тканей органов инфицированных кур. Экстракты вносили в 12 лунок 96-луночной панели, подготовленной, как описано в разделе «Выявление вирусов на плашках, сенсibilизированных для дифференциальной диагностики» раздела «Материалы и методы».

На рисунке 4 представлены результаты проведенного исследования.

Образцы, содержащие ВГП (ВАЖ A/chicken/Kurgan/3/2005 и экстракты почек цыплят, инфицированных A/chicken/Kurgan/3/2005 и A/FPV/Rostock/34), дают положительный сигнал в лунках, сенсibilизированных фетуином и выявленных Fet-HRP. Все прочие варианты сенсibilизации или выявления не дают достоверного сигнала с ВГП. Образцы, содержащие ВНБ (ВАЖ NDV/Duck/Moscow/3639/2008, фекалии цыплят, инфицированных NDV/Chicken/Moscow/6081/2022, и экстракты почек цыплят, инфицированных NDV/Chicken/Moscow/6081/2022), дают положительный сигнал

Покрытие	---	Фетуин				анти-ВНБ IgY		Фетуин		анти-ВНБ IgY			---
Выявление	Fet-HRP						анти-ВНБ IgY-HRP						
ВАЖ ВГП H5N1	0,19	1,11	1,26	1,21	0,37	0,29	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,12	
ВАЖ ВНБ 3639	0,12	0,12	0,17	0,20	0,22	0,20	0,45	0,44	1,30	1,38	1,35	0,13	
Фекалии ВНБ 6081	0,15	0,22	0,24	0,23	0,25	0,27	0,19	0,21	0,58	0,63	0,55	0,14	
Почки (контроль)	0,14	0,16	0,20	0,19	0,17	0,13	0,16	0,16	0,18	0,17	0,15	0,15	
Почки ВГП H5N1	0,12	0,92	0,97	1,00	0,22	0,20	0,25	0,28	0,19	0,21	0,23	0,12	
Почки ВГП H5N1	0,14	0,62	0,71	0,68	0,17	0,13	0,16	0,16	0,18	0,17	0,18	0,15	
Почки ВНБ 6081	0,17	0,22	0,19	0,21	0,40	0,37	0,24	0,26	1,10	1,00	1,02	0,14	
Почки ВНБ 6081	0,18	0,23	0,18	0,22	0,33	0,39	0,29	0,26	0,98	1,04	1,00	0,17	

Рис. 4. Тестирование на наличие ВГП и ВНБ препаратов: ВАЖ ВГП A/chicken/Kurgan/3/2005 (H5N1); ВАЖ NDV/Duck/Moscow/3639/2008; экстракт фекалий цыплят, инфицированных NDV/Chicken/Moscow/6081/2022; экстракт почек неинфицированного цыпленка; экстракт почек цыпленка, инфицированного A/chicken/Kurgan/3/2005; экстракт почек цыпленка, инфицированного A/FPV/Rostock/34 (H7N1); экстракты почек цыплят, инфицированных NDV/Chicken/Moscow/6081/2022

Fig. 4. Testing of preparations for AIV and NDV: A/chicken/Kurgan/3/2005 (H5N1) infectious allantoic fluid; NDV/Duck/Moscow/3639/2008 infectious allantoic fluid; faecal extract of chicks infected with NDV/Chicken/Moscow/6081/2022; kidney extract of uninfected chick; kidney extract of a chick infected with A/chicken/Kurgan/3/2005; kidney extract of a chick infected with A/FPV/Rostock/34 (H7N1); and kidney extracts of chicks infected with NDV/Chicken/Moscow/6081/2022

Таблица

Выявление ВНБ и ВГП в фекалиях и органах больных кур методами твердофазного анализа, полимеразной цепной реакции и титрования в куриных эмбрионах

Table

Detection of NDV and AIV from feces and organs of sick chickens using solid-phase analysis, PCR and titration in chicken embryos

Метод выявления	ВНБ						ВГП	
	ВАЖ	Фекалии			Почки	Легкие	Кишечник	Почки
		3-й день	5-й день	7-й день				
ТФА	6/6	5/10	0/4	0/8	10/10	2/2	4/6	5/5
ПЦР	6/6	10/10	4/4	6/8	4/4	5/5	6/6	5/5
Титрование	6/6	7/7	2/2	1/1	4/4*	1/1	2/2	3/3*

* Титр инфекционности вируса составлял 10^9 ЭИД₅₀/мл (the virus infectivity titer was 10^9 EID₅₀/mL).

в лунках, сенсibilизированных анти-ВНБ IgY и выявленных анти-ВНБ IgY-HRP. Все прочие варианты сенсibilизации или выявления не дают достоверного сигнала с ВНБ. Таким образом, одновременно можно дифференцировать высокопатогенные варианты вируса гриппа (H5N1 и H7N1) от вируса ньюкаслской болезни у больных кур.

Сопоставление твердофазного анализа с полимеразной цепной реакцией и с определением инфекционности на куриных эмбрионах. Сравнение описанного твердофазного метода выявления вирусов с ПЦР и с титрованием в КЭ показывает, что два последних намного чувствительнее (табл.). С помощью данных методов ВНБ регистрировали практически во всех тестируемых образцах начиная с 3-го по 7-й день после заражения NDV/Chicken/Moscow/6081/2022, а ТФА позволяла выявлять вирус в фекалиях только на пике заболевания.

В образцах фекалий на 5-й и 7-й день эксперимента ВНБ и ВГП методом ТФА обнаружены не были, но предложенный тест показал 100%-ю выявляемость патогенов в образцах тканей органов птиц. Во всех образцах почек погибших либо подвергнутых этаназии на финальной стадии заболевания цыплят на панелях был выявлен вирус. Высокопатогенные ВГП и ВНБ накапливаются в почках инфицированных кур в очень высокой концентрации; при титровании в КЭ гомогенатов количество вирусов составило 10^9 ЭИД₅₀/мл, что дает

возможность выявлять их в ТФА (то есть чувствительность равна 10^9 ЭИД₅₀/мл). Чувствительность разрабатываемого метода довольно низкая при исследовании образцов фекалий и на данном этапе не подходит для постановки предварительного диагноза. Однако падеж птицы в хозяйствах при инфицировании вышеупомянутыми патогенами наступает быстро, с разработанным тестом возможно безотлагательно и с высокой степенью достоверности установить причину заболевания и принять своевременные меры.

ОБСУЖДЕНИЕ

В последнее время грипп птиц и ньюкаслская болезнь приводят к значительным убыткам в птицеводческой промышленности по всему миру. За последние десятилетия ВГП субтипа H5 распространился из Юго-Восточной Азии по всем континентам, включая Америку, что подтверждает необходимость эффективного мониторинга и диагностики заболеваний, вызванных этим опасным патогеном. Из Африки распространился ВНБ VII генотипа, вспышки заболевания фиксируются от Японии до Северо-Западной Европы [23]. Поскольку уничтожение всех домашних птиц в районе вспышек является основным методом сдерживания данных заболеваний, своевременное обнаружение очагов гриппа птиц и ньюкаслской болезни становится важным этапом [24].

Разработанный метод ТФА позволяет одновременно выявить и дифференцировать ВНБ и ВГП, что является важным шагом для своевременного принятия мер по контролю и профилактике заболеваний. Поскольку ВГП регистрируется с помощью универсального рецепторного аналога, а для обнаружения ВНБ использованы поликлональные антитела, полученные путем иммунизации кур ВНБ двух генотипов, можно предположить, что метод позволит выявлять различные штаммы ВГП и ВНБ, вызывающие гибель птицы, и проводить предварительную диагностику на месте. Тест-системы для обнаружения вируса гриппа, представленные на рынке, направлены на идентификацию ВГП только определенного субтипа, в то время как разработанный нами метод способен выявлять в фекалиях и патологическом материале одновременно разные субтипы, что существенно сокращает время проведения диагностических исследований и позволяет вовремя купировать распространение возбудителя заболевания в птицеводческом хозяйстве.

Разработка тест-системы для дифференциальной диагностики гриппа птиц и ньюкаслской болезни представляет собой важный шаг к совершенствованию контроля за оздоровлением птицеводства.

Дальнейшим этапом работы будет проведение валидации предложенного метода и тестирование его на практике в подсобных хозяйствах, а также сравнение с разработанными и утвержденными методиками идентификации ВГП и ВНБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Циркуляция возбудителя ВГП подтипа H5N1 по всему миру и многочисленные вспышки НБ в Африке, Азии и Европе обусловили создание простого и быстрого метода обнаружения возбудителей в органах больной и павшей птицы. Разработанный метод позволяет выявлять и дифференцировать ВНБ и разные субтипы ВГП в фекалиях и тканях органов заболевших и павших кур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- ICTV. Virus Taxonomy: 2024 Release. <https://ictv.global/taxonomy>
- Miller P. J., Dimitrov K. M., Williams-Coplin D., Peterson M. P., Pantin-Jackwood M. J., Swayne D. E., et al. International biological engagement programs facilitate Newcastle disease epidemiological studies. *Frontiers in Public Health*. 2015; (3):235. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2015.00235>
- Ross C. S., Mahmood S., Skinner P., Mayers J., Reid S. M., Hansen R. D. E., Banyard A. C. JMM Profile: Avian paramyxovirus type-1 and Newcastle disease: a highly infectious vaccine-preventable viral disease of poultry with low zoonotic potential. *Journal of Medical Microbiology*. 2022; 71 (8):001489. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001489>
- Ganar K., Das M., Sinha S., Kumar S. Newcastle disease virus: current status and our understanding. *Virus Research*. 2014; 184: 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2014.02.016>
- Guseva N. A., Kolosov S. N., Zinyakov N. G., Kozlov A. A., Shcherbakova L. O., Chvala I. A., et al. Subgenotype VII.1.1 Newcastle disease virus evolution and spread in the Russian Federation in 2019–2023. *Viruses*. 2025; 17 (10):1319. <https://doi.org/10.3390/v17101319>
- Rtishchev A., Treshchalina A., Shustova E., Boravleva E., Gambaryan A. An outbreak of Newcastle disease virus in the Moscow Region in the summer of 2022. *Veterinary Science*. 2023; 10 (6):404. <https://doi.org/10.3390/vetsci10060404>
- Yoon S.-W., Webby R. J., Webster R. G. Evolution and ecology of influenza A viruses. In: *Influenza Pathogenesis and Control. Vol. 1. Current Topics in Microbiology and Immunology. Eds. R. Compans, M. Oldstone*. 2014; 385: 359–375. https://doi.org/10.1007/82_2014_396
- Mena A., von Fricken M. E., Anderson B. D. The impact of highly pathogenic avian influenza H5N1 in the United States: a scoping review of past detections and present outbreaks. *Viruses*. 2025; 17 (3):307. <https://doi.org/10.3390/v17030307>
- Verhagen J. H., Fouchier R. A. M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe: future directions for research and surveillance. *Viruses*. 2021; 13 (2):212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
- Li J., Zou M., Chen Y., Xue Q., Zhang F., Li B., et al. Gold immunochromatographic strips for enhanced detection of avian influenza and Newcastle disease viruses. *Analytica Chimica Acta*. 2013; 782: 54–58. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.04.022>
- Li Q., Wang L., Sun Y., Liu J., Ma F., Yang J., et al. Evaluation of an immunochromatographic strip for detection of avian avulavirus 1 (Newcastle disease virus). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2019; 31 (3): 475–480. <https://doi.org/10.1177/1040638719837320>
- Cui S., Tong G. A chromatographic strip test for rapid detection of one lineage of the H5 subtype of highly pathogenic avian influenza. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2008; 20 (5): 567–571. <https://doi.org/10.1177/104063870802000505>
- Peng F., Wang Z., Zhang S., Wu R., Hu S., Li Z., et al. Development of an immunochromatographic strip for rapid detection of H9 subtype avian influenza viruses. *Clinical and Vaccine Immunology*. 2008; 15 (3): 569–574. <https://doi.org/10.1128/cvi.00273-07>
- Yang F., Xiao Y., Chen B., Wang L., Liu F., Yao H., et al. Development of a colloidal gold-based immunochromatographic strip test using two monoclonal antibodies to detect H7N9 avian influenza virus. *Virus Genes*. 2020; 56 (3): 396–400. <https://doi.org/10.1007/s11262-020-01742-8>
- Sun Z., Shi B., Meng F., Ma R., Hu Q., Qin T., et al. Development of a colloidal gold-based immunochromatographic strip for rapid detection of H7N9 influenza viruses. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9:2069. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02069>
- Yang F., Xiao Y., Xu L., Liu F., Yao H., Wu N., Wu H. Development of an antigen-capture enzyme-linked immunosorbent assay and immunochromatographic strip based on monoclonal antibodies for detection of H6 avian influenza viruses. *Archives of Virology*. 2020; 165 (5): 1129–1139. <https://doi.org/10.1007/s00705-020-04602-w>
- Boravleva E. Yu., Treshchalina A. A., Gordeeva D. R., Gambaryan A. S. Development of an inexpensive and simple test system for the differential detection of avian influenza viruses and avian paramyxoviruses in environmental monitoring. *Journal of Research in Veterinary Sciences*. 2024; 4 (3): 58–69. <https://doi.org/10.5455/JRVS.20240529123341>
- Трещалина А. А., Ртищев А. А., Шустова Е. Ю., Белякова А. В., Гамбарян А. С., Боравлева Е. Ю. Молекулярная идентификация вируса ньюкаслской болезни, выделенного в домашнем птицеводстве Подмосковья летом 2022 года. *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (2): 147–153. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-147-153>
- Treshchalina A. A., Rtishchev A. A., Shustova E. Yu., Belyakova A. V., Gambaryan A. S., Boravleva E. Yu. Molecular identification of Newcastle disease virus isolated on the poultry farm of the Moscow Oblast in summer of 2022. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (2): 147–153. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-2-147-153>
- Boravleva E., Treshchalina A., Gordeeva D., Gambaryan A., Belyakova A., Gafarova I., et al. Genotype I Newcastle disease virus, isolated from wild duck, can protect chickens against Newcastle disease caused by genotype VII. *Pathogens*. 2025; 14 (4):380. <https://doi.org/10.3390/pathogens14040380>
- Sajid S., Rahman S. U., Mohin M., Sindhu Z. U. D. Development of egg yolk-based polyclonal antibodies and immunoprophylactic potential of antigen-antibody complex against infectious bursal disease. *Veterinary and Animal Science*. 2023; 23:100326. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100326>
- Matrosovich M. N., Gambaryan A. S. Solid-phase assays of receptor-binding specificity. *Methods in Molecular Biology*. 2012; 865: 71–94. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-621-0_5
- Treshchalina A., Postnikova Y., Gambaryan A., Ishmukhametov A., Prilipov A., Sadykova G., et al. Monitoring of avian influenza viruses and paramyxoviruses in ponds of Moscow and the Moscow Region. *Viruses*. 2022; 14 (12):2624. <https://doi.org/10.3390/v14122624>
- Steensels M., Van Borm S., Mertens I., Houdart P., Rauw F., Roupie V., et al. Molecular and virological characterization of the first poultry outbreaks of genotype VII.2 velogenic avian orthoavulavirus type 1 (NDV) in North-West Europe, BeNeLux, 2018. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2021; 68 (4): 2147–2160. <https://doi.org/10.1111/tbed.13863>
- Shi J., Zeng X., Cui P., Yan C., Chen H. Alarming situation of emerging H5 and H7 avian influenza and effective control strategies. *Emerging Microbes & Infections*. 2023; 12 (1):2155072. <https://doi.org/10.1080/22221751.2022.2155072>

Поступила в редакцию / Received 02.10.2025

Поступила после рецензирования / Revised 09.12.2025

Принята к публикации / Accepted 26.01.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шустова Елена Юрьевна, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии вирусов ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1314-0152>, shustova_eu@chumakovs.su

Elena Yu. Shustova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1314-0152>, shustova_eu@chumakovs.su

Гамбарян Александра Сергеевна, д-р биол. наук, ведущий вирусолог ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-1892-0548>, al.gambaryan@gmail.com

Aleksandra S. Gambaryan, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1892-0548>, al.gambaryan@gmail.com

Боравлева Елизавета Юрьевна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии вирусов ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-8491-4640>, elisavetbor@gmail.com

Elizaveta Yu. Boravleva, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-8491-4640>, elisavetbor@gmail.com

Трещалина Анастасия Андреевна, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии вирусов ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3801-2413>, treshchalinaA@gmail.com

Anastasiya A. Treshchalina, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3801-2413>, treshchalinaA@gmail.com

Сейтаблаев Артем Александрович, лаборант-исследователь лаборатории молекулярной биологии вирусов ФГАНУ «ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита), г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0003-8248-1257>, seytabulaev_aa@chumakovs.su

Artem A. Seitablaev, Laboratory Researcher, Laboratory of Molecular Biology of Viruses, Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and-Biological Products of RAS (Institute of Poliomyelitis), Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0003-8248-1257>, seytabulaev_aa@chumakovs.su

Березовский Станислав Игоревич, генеральный директор ООО «ВЕТ ФАКТОР», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-1030-5761>, Stanislav@vetfaktor.ru

Stanislav I. Berezovsky, General Director, VET FAKTOR LLC, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-1030-5761>, Stanislav@vetfaktor.ru

Вклад авторов: Шустова Е. Ю. – поиск научной литературы, анализ и интерпретация данных, редактирование текста, работа со списком литературы; Гамбарян А. С. – разработка тест-системы, мониторинг/проверка информации, подготовка текста, работа со списком литературы; Боравлева Е. Ю. – участие в разработке тест-системы, редактирование материала; Трещалина А. А. – участие в разработке тест-системы, редактирование материала; Сейтаблаев А. А. – организация отбора материалов для исследования; Березовский С. И. – постановка ПЦР.

Contribution of the authors: Shustova E. Yu. – literature search, data analysis and interpretation, text review and editing, bibliography compilation; Gambaryan A. S. – test kit development, information monitoring/verification, original draft preparation, bibliography compilation; Boravleva E. Yu. – test kit development, text review and editing; Treshchalina A. A. – test kit development, text review and editing; Seitablaev A. A. – sample collection; Berezovsky S. I. – PCR testing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-95-101>
УДК 619:615.37:576.54



Цитотоксические свойства хитозана *in vitro*

Е. И. Ярыгина, О. А. Минькова, В. Ю. Лага

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»
(ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина), ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Хитозан, благодаря иммуномодулирующим и мукоадгезивным свойствам, является перспективным адъювантом для вакцин. Безопасность, в частности отсутствие цитотоксичности, – ключевое требование к адъювантам. Исследования *in vitro* позволяют определять биосовместимость препарата хитозана до тестирования на животных.

Цель исследований. Исследовать цитотоксическое действие раствора низкомолекулярного хитозана в концентрации 10 мг/мл на культурах фибробластов эмбриона кур и эпителиоподобных клеток коронарных сосудов телят для обоснования его дальнейшего применения в качестве вакцинного адъюванта.

Материалы и методы. Применяли низкомолекулярный хитозан (степень деацетилирования – 90%) в 1%-м растворе глутаминовой кислоты, pH 6,9. Цитотоксичность определяли комплексно, используя метод витального окрашивания трипановым синим (оценка жизнеспособности), прижизненное микроскопическое наблюдение (оценка морфологии) и расчет индекса пролиферации после 72-часовой инкубации при температуре +37 °C в атмосфере 5%-го диоксида углерода.

Результаты и обсуждение. Количество жизнеспособных клеток фибробластов эмбриона кур и коронарных сосудов телят после двухчасовой инкубации с хитозаном соответствовало значениям 97,4 и 98,7%, не имеющим статистически значимых отличий от контролей (97,6 и 96,4%). При микроскопическом наблюдении клетки в опытной группе через 72 ч инкубации формировали плотный однородный монослой без признаков цитопатического эффекта, вакуолизации, без изменений морфологии, аналогичный таковому в контрольных лунках. Индексы пролиферации в опытных и контрольных группах были сопоставимы: для фибробластов эмбриона куры – 3,9 и 3,6, для коронарных сосудов телят – 3,7 и 3,8, что свидетельствует об отсутствии цитостатического действия изучаемого препарата.

Заключение. Хитозан низкомолекулярный в концентрации 10 мг/мл не проявляет цитотоксических или цитостатических свойств *in vitro* в отношении тестируемых клеток. Полученные данные подтверждают его биосовместимость и являются основанием для дальнейших исследований *in vivo* с целью разработки безопасных и действенных вакцин для ветеринарного применения.

Ключевые слова: хитозан, цитотоксичность, адъювант, жизнеспособность клеток, пролиферация, клеточные культуры, первичная культура фибробластов эмбриона кур, перевиваемая линия эпителиоподобных клеток коронарных сосудов телят, *in vitro*

Благодарности: Авторы выражают благодарность научным сотрудникам Л. М. Акбаевой и Л. М. Чомаевой (научно-исследовательская лаборатория биотехнологии и прикладной иммунологии ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина) за рекомендации по совершенствованию исследований.

Для цитирования: Ярыгина Е. И., Минькова О. А., Лага В. Ю. Цитотоксические свойства хитозана *in vitro*. *Ветеринария сегодня*. 2026; 15 (1): 95–101. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-95-101>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Минькова Ольга Александровна, ассистент кафедры вирусологии и микробиологии имени академика В. Н. Сюрица, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, ул. Академика Скрябина, 23, г. Москва, 109472, Россия, minkowa.olga2012@ya.ru

In vitro evaluation of chitosan cytotoxic properties

Elena I. Yarygina, Olga A. Minkova, Vita Yu. Laga

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, ul. Akademika Skryabina, 23, Moscow 109472, Russia

ABSTRACT

Introduction. Chitosan immunomodulatory and mucoadhesive properties render it a promising vaccine adjuvant. Safety – particularly the absence of cytotoxicity – is a key requirement for adjuvant candidates. *In vitro* biocompatibility assessments enable evaluation of chitosan preparations prior to animal testing.

Objective. To evaluate low molecular weight chitosan solution at a concentration of 10 mg/mL for its cytotoxic effect on chicken embryo fibroblast (CEF) cultures and calf coronary artery epithelial-like cells (CCEC) to justify its further use as a vaccine adjuvant.

Materials and methods. Low molecular weight (LMW) chitosan (degree of deacetylation: 90%) prepared with a 1% glutamic acid solution (pH 6.9) was used. Cytotoxicity was comprehensively assessed using three methods: trypan blue vital staining (for cell viability), live-cell microscopy (for morphological evaluation), and calculation of the proliferation index after 72 hours of incubation at 37 °C in a 5% CO₂ atmosphere.

Results and discussion. Following 2-hour incubation with chitosan, viable CEF and CCEC were 97.4 and 98.7%, respectively, with no significant differences from controls (97.6 and 96.4%). Microscopy at 72 hours showed dense, homogeneous monolayers in test groups, free of cytopathic effects, vacuolization, or morphological changes – indistinguishable from controls. Proliferation indices aligned closely (CEF: 3.9 and 3.6; CCEC: 3.7 and 3.8), evidencing no cytostatic effect of the chitosan preparation.

Conclusion. Low-molecular-weight chitosan (10 mg/mL) exhibited no *in vitro* cytotoxic or cytostatic effects on the tested cell lines. The findings confirm its biocompatibility and justify advancement to *in vivo* studies for developing safe, effective vaccines for veterinary use.

© Ярыгина Е. И., Минькова О. А., Лага В. Ю., 2026

Keywords: chitosan, cytotoxicity, adjuvant, cell viability, proliferation, cell cultures, primary chicken embryo fibroblasts (CEF), continuous calf coronary artery epithelial-like cells (CCEC), *in vitro*

Acknowledgements: The authors express their gratitude to L. M. Akbaeva and L. M. Chomaeva, Researchers of the Research Laboratory for Biotechnology and Applied Immunology of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, for their recommendations on the study improvement.

For citation: Yarygina E. I., Minkova O. A., Laga V. Yu. *In vitro* evaluation of chitosan cytotoxic properties. *Veterinary Science Today*. 2026; 15 (1): 95–101. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2026-15-1-95-101>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Olga A. Minkova, Assistant, Department of Virology and Microbiology named after Academician V. N. Syurin, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, ul. Akademika Skryabina, 23, Moscow 109472, Russia, minkova.olga2012@ya.ru

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционные болезни, такие как грипп птиц, ньюкаслская болезнь, инфекционный бронхит кур, метапневмовирусная инфекция птиц, наносят значительный экономический ущерб промышленному птицеводству во всем мире [1, 2]. Возбудители этих заболеваний характеризуются высокой контагиозностью, широким распространением и способностью вызывать массовую гибель птицы, что приводит к экономическим потерям и ограничениям международной торговли. Существующие коммерческие вакцины хотя и широко применяются, не всегда обеспечивают стерильный иммунитет и полную защиту привитого поголовья, особенно в условиях интенсивного птицеводства и высоко давления полевых штаммов вирусов. Это диктует необходимость поиска новых путей повышения иммуногенности и продолжительности действия вакцин [3, 4].

Одним из перспективных направлений вакцинологии является разработка и применение современных адъювантов – веществ, которые при добавлении в состав вакцины способны усиливать, пролонгировать и модулировать иммунный ответ на антиген вакцины [5]. Механизмы действия современных адъювантов разнообразны и направлены на активацию врожденного иммунитета, что в конечном счете способствует формированию более сильного и напряженного адаптивного иммунного ответа [6]. При этом безопасность, в частности отсутствие цитотоксичности, остается ключевым требованием к любым новым адъювантным композициям [7, 8].

Хитозан – это натуральный полимер, который получают путем деацетилирования хитина, основного структурного компонента панцирей ракообразных и клеточных стенок грибов. Его ключевым преимуществом является низкая токсичность для теплокровных организмов и способность разлагаться без вреда для окружающей среды [9, 10, 11]. Благодаря этому набору свойств, а также наличию свободных химических реактивных аминогрупп хитозан широко применяется в медицине и фармацевтике как компонент раневых повязок, в качестве носителя для доставки лекарственных средств и, что особенно важно, в качестве адъюванта для вакцин [12].

В вакцинологии хитозан рассматривается как многофункциональный адъювант, особенно для мукозального применения (интраназального, окулярного, перорального) [13, 14]. Его адъювантные свойства связывают с комплексом механизмов. Во-первых, хитозан, будучи катионным полимером, способен временно снижать прочность плотных контактов между эпителиальными клетками слизистых оболочек, увеличивая их проницаемость и облегчая проникновение антигена [15, 16]. Во-вторых, производные хитозана могут формировать депо антигена в месте введения, обеспечивая пролонгированное высвобождение действующего вещества. В-третьих, хитозан оказывает прямое стимулирующее действие на клетки врожденного иммунитета, вероятно,

за счет взаимодействия с паттернраспознающими рецепторами, такими как TLR-2, что приводит к активации антигенпрезентирующих клеток и продукции провоспалительных цитокинов [17]. Зарубежные исследователи показали, что хитозан способен усиливать как гуморальный, так и клеточно-опосредованный иммунный ответ [16, 17, 18], что делает его особенно востребованным для разработки новых вакцин. Важно отметить, что адъювантный эффект может варьироваться в зависимости от молекулярной массы и степени деацетилирования полимера [9, 14].

Особый интерес представляет использование низкомолекулярного хитозана в составе вакцин для птиц, в частности против ньюкаслской болезни. Низкомолекулярные фракции, как правило, обладают лучшей растворимостью при физиологическом pH и, по данным ряда исследований, проявляют меньшую потенциальную токсичность по сравнению с высокомолекулярными аналогами [9]. Однако перед изучением иммуногенности принципиально важно установить базовую безопасность и отсутствие прямых токсических эффектов исследуемого препарата на клеточном уровне.

Определение цитотоксичности *in vitro* в клеточных линиях является первым обязательным этапом доклинических исследований любого нового соединения, претендующего на биомедицинское или ветеринарное применение. Этот подход, регламентированный международными стандартами (например, ISO 10993-5), позволяет быстро, экономично и этично (в соответствии с концепцией 3R – Replacement, Reduction, Refinement) получить первичные данные о биологической совместимости препарата, сводя к минимуму или откладывая использование лабораторных животных на более поздние стадии исследований [7]. Данное решение широко применяется для оценки безопасности самых различных соединений – от пестицидов до фармацевтических субстанций, что подтверждает его универсальность и надежность [8, 19].

Выбор клеточных линий был обусловлен их репрезентативностью. Первичная культура фибробластов эмбриона кур (ФЭК) характеризуется высокой чувствительностью к токсическим воздействиям. Перевиваемая линия эпителиоподобных клеток коронарных сосудов теленка (КСТ) моделирует клеточный барьер, с которым сталкивается мукозально применяемый адъювант. Концентрация 10 мг/мл была выбрана как заведомо превышающая предполагаемые рабочие концентрации в вакцинах (1–2 мг/мл) для стресс-тестирования и оценки запаса безопасности.

Таким образом, цель данной работы – проведение исследования цитотоксического действия раствора низкомолекулярного хитозана в концентрации 10 мг/мл в клеточных линиях ФЭК и КСТ для обоснования его дальнейшего применения в качестве вакцинного адъюванта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе кафедры вирусологии и микробиологии имени академика В. Н. Сюрина

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина». Все работы выполняли в стерильных условиях ламинарного бокса с соблюдением стандартных правил асептики.

Приготовление раствора хитозана. В работе использовали низкомолекулярный водорастворимый хитозан со степенью деацетилирования 90% (ЗАО «Биопрогресс», Россия; форма выпуска – порошок). Рабочий 2%-й (20 мг/мл) раствор хитозана готовили в 1%-й глутаминовой кислоте (Sigma-Aldrich, США) в соотношении 1:5 (вес/объем), pH доводили до величины $6,9 \pm 0,1$ фосфатно-солевым буферным раствором (ООО «БиолоТ», Россия) [9, 14].

Клеточные культуры и условия культивирования. В исследовании использовали две линии адгезивных клеток различного происхождения для комплексной оценки потенциальной цитотоксичности:

– клетки КСТ (коллекция ООО «БиолоТ», Россия) – первичная диплоидная линия эпителиоподобных клеток, полученная из коронарных сосудов плода крупного рогатого скота. Данная линия характеризуется стабильным ростом и высокой чувствительностью к внешним воздействиям, что делает ее релевантной моделью для токсикологических исследований;

– первичная культура ФЭК была получена в лабораторных условиях по стандартной методике трипсинизации тканей 11-суточных SPF-эмбрионов [19]. В работе использовали клетки 3-го пассажа, которые сохраняют высокую метаболическую активность и чувствительность к токсическим воздействиям, характерную для непереживаемых культур [17].

Культивирование клеток проводили в стандартных стерильных условиях в инкубаторе (Binder, Германия) при постоянной температуре $37,0 \pm 0,5$ °C в атмосфере 5%-го CO₂ для поддержания стабильного pH питательной среды (7,2–7,4). Ростовая питательная среда на основе смеси сред Игла MEM и 199 в соотношении 1:1 (ООО «БиолоТ», Россия) содержала 10% эмбриональной телячьей сыворотки (ООО «БиолоТ», Россия), обеспечивающей факторы адгезии и роста. Для предотвращения бактериальной контаминации в среду добавляли антибиотики: 100 МЕ/мл пенициллина и 0,1 мг/мл стрептомицина (ООО «БиолоТ», Россия). Среду меняли каждые 48–72 ч в зависимости от скорости роста клеток. При достижении монослоем 80–90% конfluence осуществляли пассирование клеточных культур стандартным методом с использованием 0,25%-го раствора трипсин-версена (ООО «БиолоТ», Россия). Для экспериментов отбирали клетки в логарифмической фазе роста.

Схема эксперимента. Клетки высевали в шестиугольные планшеты (Jet Biofil, Китай) при плотности 1×10^5 кл/мл для ФЭК и 8×10^5 кл/мл для КСТ, что обеспечивало 70–80%-ю плотность монослоя к началу эксперимента. Для каждой клеточной линии использовали отдельные планшеты:

– планшет «положительный контроль»: клетки культивировали в стандартной ростовой среде;

– планшет «опыт»: клетки культивировали в ростовой среде с добавлением раствора хитозана (конечная концентрация – 10 мг/мл).

Для каждого варианта использовали три параллельные лунки планшета ($n = 3$) для обеспечения статистической достоверности. Инкубацию начинали при плотности монослоя клеток 70–80% от площади дна лунки.

Определение жизнеспособности клеток. Жизнеспособность клеток оценивали после 2-часовой инкубации с исследуемыми растворами методом витального окрашивания 0,4%-м раствором трипанового синего (ООО «БиолоТ», Россия).

Подсчет клеток проводили в камере Горяева. Учитывали только клетки с неповрежденными мембранами (н окрашенные) [19]. В качестве положительного контроля

Таблица 1
Показатели жизнеспособности клеток после двухчасовой инкубации с хитозаном ($M \pm SD, n = 3$)

Table 1
Viability of cells after 2-hour incubation with chitosan ($M \pm SD, n = 3$)

Вариант воздействия на клетки	Жизнеспособность клеток, %	
	ФЭК	КСТ
Хитозан, 10 мг/мл в стандартной ростовой среде (опыт)	$97,4 \pm 1,2$	$98,7 \pm 0,9$
Стандартная ростовая среда (положительный контроль)	$97,6 \pm 0,8$	$96,4 \pm 1,1$
70%-й раствор этанола (отрицательный контроль)	0*	0*

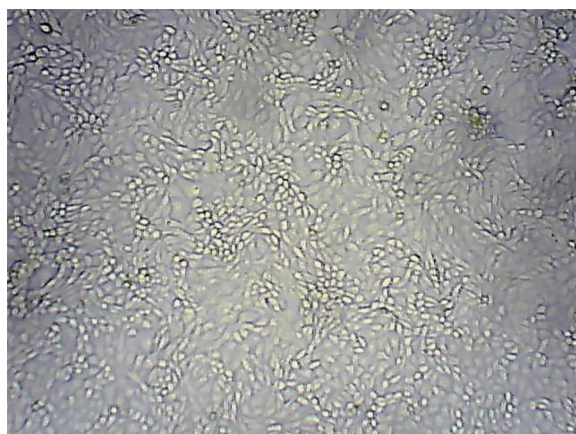
* $p < 0,05$ по сравнению со всеми другими группами (as compared to all other groups).

использовали клетки, помещенные в стандартную ростовую среду, в качестве отрицательного контроля – клетки, обработанные 70%-м раствором этанола в течение 10 мин.

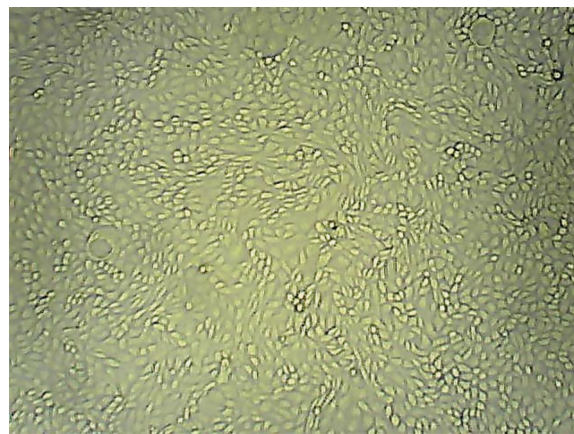
Морфологический анализ (метод прижизненного наблюдения). Клетки культивировали с хитозаном в течение 72 ч. Каждые 24 ч проводили визуальную оценку состояния монослоя, морфологии клеток и наличия признаков цитопатического эффекта с помощью инвертированного микроскопа Axio Observer A1 (Carl Zeiss, Германия), оснащенного фазово-контрастной оптикой и цифровой камерой AxioCam 305. Микроскопию осуществляли при увеличении 120х. Оценивали следующие параметры: степень адгезии клеток, плотность монослоя, наличие вакуолизации цитоплазмы, изменение клеточной формы (округление), отслоение от субстрата и признаки лизиса.

Определение пролиферативной активности. Клетки высевали в шестиугольные планшеты с известной концентрацией (N_0). Через 72 ч совместного культивирования с хитозаном клетки диспергировали 0,25%-м раствором трипсина (из поджелудочной железы свиньи, активность 1:250; ООО «БиолоТ», Россия), приготовленным на растворе Версена (ООО «БиолоТ», Россия), и подсчитывали их количество (N_{72}) в камере Горяева. Индекс пролиферации (ИП) рассчитывали по формуле: $ИП = N_{72} / N_0$. Для исключения артефактов, связанных с возможной ошибкой при высеве, подсчет начального количества клеток (N_0) проводили в трех дополнительных лунках непосредственно после адгезии клеток (через 4 ч после высева).

Статистический анализ. Статистическую обработку выполняли с применением t-критерия Стьюдента для независимых выборок в программных пакетах Microsoft Excel 2019 и Statistica 10.0 (StatSoft, США). Анализ данных жизнеспособности клеток, полученных методом прямого подсчета в камере Горяева, проводили с предварительной проверкой соответствия данных нормальному распределению с использованием критерия Шапиро – Уилка (при $n = 3$). Однородность дисперсий в сравниваемых группах проверяли с помощью F-теста (критерий Фишера). При проведении анализа учитывали следующие параметры: для оценки жизнеспособности клеток использовали абсолютные значения количества живых и мертвых клеток, на основе которых рассчитывали процент жизнеспособности; анализ пролиферативной активности проводили на основе абсолютных значений количества клеток до и после инкубации.

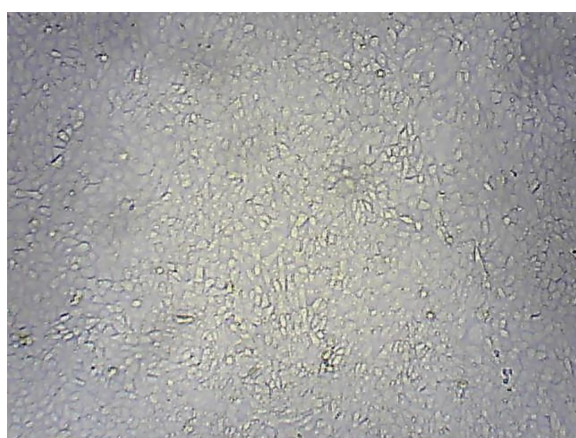


A

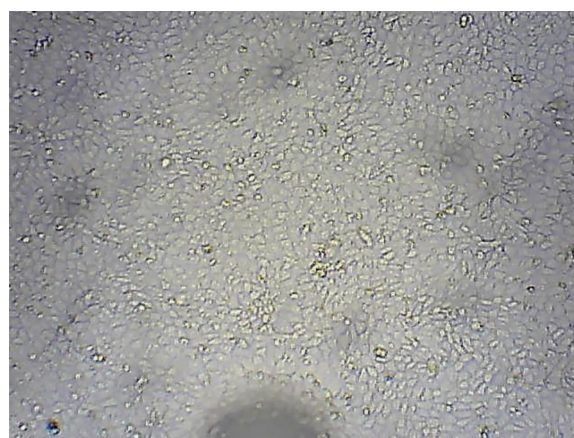


B

Рис. 1. Морфология клеток ФЭК после 72 ч культивирования (увеличение 120х): А – контроль, В – опыт (хитозан 10 мг/мл)
 Fig. 1. Morphology of CEF cells after 72 hours of cultivation (magnification 120x): A – control, B – test group (chitosan 10 mg/mL)



A



B

Рис. 2. Морфология клеток КСТ после 72 ч культивирования (увеличение 120х): А – контроль, В – опыт (хитозан 10 мг/мл)
 Fig. 2. Morphology of CCEC after 72 hours of cultivation (magnification 120x): A – control, B – test group (chitosan 10 mg/mL)

Для каждого экспериментального варианта использовали данные трех независимых биологических повторностей ($n = 3$), в каждой из которых подсчет клеток выполняли в двух аналитических повторностях. Статистический анализ данных морфологических исследований проводили путем качественной оценки серий микрофотографий, сделанных в идентичных условиях для всех групп наблюдения. Результаты количественных исследований представлены в формате: среднее значение \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$. Все расчетные значения t -критерия и соответствующие им p -уровни значимости заносили в сводные таблицы для последующего анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании цитотоксическое действие раствора низкомолекулярного хитозана оценивали многосторонне, используя три взаимодополняющих метода. На первом этапе анализировали жизнеспособность клеток после кратковременной инкубации с препаратом. Затем в динамике проводили микроскопическое наблюдение для оценки морфологии клеток и состояния монослоя. Завершающим этапом было определение влияния хитозана на пролиферативную активность клеток.

Жизнеспособность клеток. Результаты оценки жизнеспособности клеток после двухчасовой инкубации представлены в таблице 1.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии цитотоксического действия низкомолекулярного хитозана (степень деацетилирования – 90%) в концентрации 10 мг/мл на две различные клеточные модели. Для культуры ФЭК показатель жизнеспособности составил $97,4 \pm 1,2\%$ против $97,6 \pm 0,8\%$ в контроле ($p > 0,05$). Для клеток КСТ значения также были сопоставимыми: $98,7 \pm 0,9\%$ – в опыте и $96,4 \pm 1,1\%$ – в контроле ($p > 0,05$). Следовательно, статистически значимых различий между опытными и контрольными группами для обеих тестируемых клеточных линий не выявлено.

Высокие показатели жизнеспособности, сохранение морфологии и неизменная пролиферативная активность убедительно доказывают биосовместимость данного соединения с клетками животного происхождения.

Анализируя полученные данные (табл. 1), можно сделать заключение, что исследуемый образец хитозана не оказывает цитотоксического действия в условиях кратковременной инкубации. Важно отметить, что минимальный разброс значений (SD в пределах 0,8–1,2%) свидетельствует о высокой воспроизводимости результатов и однородности клеточных популяций. В отрицательном контроле (обработка 70%-м этанолом) была зафиксирована полная гибель клеток, что подтверждает адекватность использованной методики и чувствительность тестовой системы. Сравнительный анализ данных по двум клеточным линиям показывает отсутствие видовой и тканевой специфичности в реакции на воздействие хитозана. Сопоставимо высокие показатели

жизнеспособности как в первичной культуре ФЭК, так и в перевиваемой линии КСТ указывают на универсальный характер биосовместимости исследуемого соединения.

Морфология клеток. Результаты прижизненного микроскопического наблюдения за клеточными культурами в динамике (через 24, 48, 72 ч инкубации) однозначно свидетельствуют об отсутствии негативного влияния хитозана на морфофункциональное состояние клеток. При визуальной оценке через 72 ч инкубации было установлено, что клетки в опытных группах сохраняли типичную морфологию и демонстрировали активную способность к формированию монослоя, полностью аналогичную контролю (рис. 1, 2).

В культуре ФЭК группы «опыт» наблюдали типичные веретенообразные (фибробластоподобные) и звездчатые (эпителиоподобные) клетки с длинными цитоплазматическими отростками, плотно прикрепленные к субстрату. Клетки имели гладкие, четко очерченные контуры и гомогенную, невакуолизованную цитоплазму. Ядра были хорошо видны, имели правильную овальную или округлую форму без признаков пикноза или кариорексиса. Сформированный монослой был плотным и гомогенным, с характерным для фибробластов упорядоченным расположением клеток.

Клетки КСТ в опытной группе, как и в контроле, имели уплощенную полигональную форму, образующую типичный монослой в виде «булыжной мостовой». Межклеточные контакты были хорошо выражены, без признаков сокращения цитоплазмы или отслоения от поверхности пластика. Важным наблюдением стало отсутствие во всех опытных группах каких-либо признаков цитопатического эффекта: не отмечалось вакуолизации цитоплазмы, появления округлых или сморщенных клеток, лизиса или образования зон дегенерации в монослое. Динамическое наблюдение показало, что процесс формирования монослоя в опытных группах протекал с той же скоростью, что и в контроле, достигая 90–95%-й плотности к 72 ч культивирования. Полученные морфологические данные находятся в полном соответствии с результатами оценки жизнеспособности и пролиферативной активности, что комплексно подтверждает вывод об отсутствии цитотоксического действия хитозана в использованной концентрации.

Прролиферативная активность. Для оценки потенциального влияния хитозана на клеточное деление был проведен количественный анализ пролиферативной активности в динамике в течение 72 ч. Как следует из результатов, представленных в таблице 2, низкомолекулярный хитозан в концентрации 10 мг/мл не оказывал ингибирующего действия на пролиферацию тестируемых клеточных культур. Количественный анализ показал, что значения индексов пролиферации в опытных группах сохранялись на высоком уровне: для ФЭК – $3,9 \pm 0,4$, для КСТ – $3,7 \pm 0,3$. Эти показатели статистически не отличались ($p > 0,05$) от контрольных значений, составивших $3,6 \pm 0,4$ и $3,8 \pm 0,3$ соответственно. Расчет абсолютного количества клеток подтвердил активное размножение культур в присутствии хитозана: количество клеток ФЭК увеличилось с $1,4 \times 10^6$ до $5,4 \times 10^6$ кл/мл, КСТ – с $1,2 \times 10^6$ до $4,4 \times 10^6$ кл/мл.

Сравнительный анализ пролиферативной активности двух различных клеточных линий выявил интересную особенность: у культуры ФЭК наблюдалась даже некоторая тенденция к стимуляции пролиферации ($3,9$ в опыте против $3,6$ в контроле), хотя эти различия не были статистически значимыми. Показатели пролиферации клеток КСТ в опыте и контроле были практически идентичными.

Таким образом, на основе результатов комплексного анализа пролиферативной активности установлено, что в использованной концентрации 10 мг/мл хитозан не только не проявляет цитостатических свойств, но и полностью сохраняет способность клеток к активному делению и росту.

Таблица 2

Влияние хитозана на пролиферативную активность клеток ($M \pm SD, n = 3$)

Table 2

Effect of chitosan on cell proliferative activity ($M \pm SD, n = 3$)

Культура клеток	Параметры	Опыт (хитозан, 10 мг/мл)	Контроль положительный
ФЭК	Внесено клеток, кл/мл	$1,4 \times 10^6$	$1,4 \times 10^6$
	Количество клеток через 72 ч, кл/мл	$(5,4 \pm 0,6) \times 10^6$	$(5,1 \pm 0,5) \times 10^6$
	Индекс пролиферации	$3,9 \pm 0,4$	$3,6 \pm 0,4$
КСТ	Внесено клеток, кл/мл	$1,2 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$
	Количество клеток через 72 ч, кл/мл	$(4,4 \pm 0,4) \times 10^6$	$(4,6 \pm 0,3) \times 10^6$
	Индекс пролиферации	$3,7 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,3$

Важно подчеркнуть, что все три использованных метода оценки цитотоксичности (витальное окрашивание, морфологический анализ и оценка пролиферации) дали согласованные результаты, что усиливает надежность выводов. Выявленное отсутствие токсического действия согласуется с данными других авторов, которые также отмечают низкую цитотоксичность хитозана и его олигомеров [9, 10, 11]. Следует особо отметить, что в нашем исследовании использовалась относительно высокая концентрация хитозана (10 мг/мл). Эта концентрация на порядок превышает типичные рабочие концентрации адъювантов в вакцинных композициях, которые, как правило, находятся в диапазоне 0,1–2 мг/мл [14, 15, 18]. Несмотря на это, клетки сохраняли нормальную жизнеспособность и функциональную активность. Низкомолекулярные фракции хитозана, аналогичные по физико-химическим характеристикам тестируемому образцу, как правило, проявляют наименьшую токсичность, что объясняется их более мягким взаимодействием с клеточными мембранами [11, 17]. Этот факт имеет особое значение для разработки вакцинных препаратов, где исключение даже минимального повреждающего действия на клетки является критически важным. Способность хитозана в используемой концентрации не нарушать целостность клеточных мембран и не подавлять пролиферацию является ключевым фактором для его применения в качестве адъюванта [12]. Более того, отсутствие влияния препарата на пролиферативные характеристики клеток указывает на то, что хитозан не вмешивается в фундаментальные механизмы клеточного деления и не представляет риска индукции патологических изменений в пролиферирующих тканях.

Важно отметить, что культуры клеток ФЭК и КСТ репрезентативны для моделирования условий *in vivo*. ФЭК как первичная культура более чувствительна к токсическим воздействиям [8, 19]. Использование именно первичной культуры фибробластов позволяет исключить артефакты, связанные с длительной адаптацией клеток к условиям *in vitro*, что характерно для перевиваемых линий. Эпителиоподобные клетки КСТ представляют собой первую мишень для мукозальных адъювантов [13]. Эпителиальные клетки слизистых оболочек являются первоначальным барьером на пути мукозально применяемых вакцин, поэтому сохранение их целостности и функциональной активности имеет критическое значение для эффективности вакцинации. Отсутствие негативного воздействия на обе линии позволяет прогнозировать хорошую переносимость хитозана на уровне организма.

Адьювантный эффект хитозана, по данным литературы, может быть связан не с прямой цитотоксичностью, а с мягкой активацией клеток, индукцией хемокинов и цитокинов [14, 15]. Полученные нами данные о сохранении морфологии и пролиферативной активности клеток полностью соответствуют этой концепции, поскольку исключают их неспецифическое повреждение как механизм иммуностимуляции.

Предполагается, что иммуностимулирующий эффект хитозана опосредован активацией сигнальных путей врожденного иммунитета [17, 18], что не сопровождается повреждением клеток в месте введения препарата. Подобный механизм, при котором «полезный» иммунологический эффект достигается без повреждения клеток, предпочтителен при разработке современных безопасных адьювантов [6]. Наши результаты косвенно подтверждают эту гипотезу. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется изучение влияния хитозана на функциональную активность иммунокомпетентных клеток, в частности на их способность к презентации антигена и продукции цитокинов. Также представляет интерес оценка синергического действия хитозана с другими известными адьювантами в комбинированных адьювантных системах.

Ограничением нашего исследования является тестирование одной концентрации хитозана. В дальнейших работах целесообразно построение полной концентрационной кривой для точного определения порога возможной токсичности, что соответствует современным подходам к доклинической оценке безопасности биоматериалов [7, 8]. Несмотря на это ограничение, можно уверенно утверждать, что в диапазоне рабочих концентраций, используемых в вакцинологии (как правило, не превышающих 1–2 мг/мл), хитозан демонстрирует исключительно высокий профиль безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное комплексное исследование позволило установить, что низкомолекулярный хитозан со степенью деацетилирования 90% в концентрации 10 мг/мл не проявляет цитотоксических или цитостатических свойств *in vitro* в отношении клеток ФЭК и КСТ. Это подтверждено комплексом взаимодополняющих методов: показатели жизнеспособности клеток в опытных группах сохранялись на уровне 97,4–98,7% и статистически не отличались от контрольных значений; морфологический анализ выявил сохранение нормальной клеточной архитектоники и способности к формированию плотного гомогенного монослоя; оценка пролиферативной активности продемонстрировала высокие значения индексов пролиферации (3,7–3,9), сопоставимые с контролем. Полученные данные о высокой биосовместимости хитозана согласуются с результатами других исследований [9, 11, 14, 15] и являются обоснованием для проведения последующих экспериментов *in vivo* по изучению его адьювантной активности. Особую значимость придает результатам тот факт, что концентрация протестированного препарата хитозана значительно превышает предполагаемые рабочие концентрации адьюванта в вакцинных препаратах, что свидетельствует о широком терапевтическом диапазоне и высоком профиле безопасности изучаемого соединения.

Перспективным направлением является включение низкомолекулярного хитозана в состав вакцин против ньюкаслской болезни и других инфекций птиц с последующей оценкой специфического иммунного ответа [4]. Целесообразным представляется исследование адьювантных свойств хитозана при различных путях введения (интраназально, перорально, внутримышечно), а также изучение его синергического действия с другими иммуностимуляторами. Дальнейшие исследования могут быть направлены

на определение оптимальных рабочих концентраций хитозана в составе вакцин, исследование его влияния на клеточные и гуморальные звенья иммунитета, а также изучение продолжительности формирующегося поствакцинального иммунного ответа.

Полученные данные служат основой для разработки новых безопасных и эффективных адьювантов, создаваемых на базе низкомолекулярного хитозана. Предлагаемый препарат отвечает современным требованиям к биосовместимости иммуностимулирующих препаратов для применения в ветеринарной медицине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Dimitrov K. M., Afonso C. L., Yu Q., Miller P. J. Newcastle disease vaccines – a solved problem or a continuous challenge? *Veterinary Microbiology*. 2017; 206: 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.12.019>
- Animal Influenza. Ed. by D. E. Swayne. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2016. 656 p.
- Bordoloi S., Nayak A., Singh A. P., Singh R. V., Dubey A., Jadav K., et al. Evaluation of Newcastle disease antibody titre in broiler poultry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021; 10 (1): 1839–1844. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.214>
- Минькова О. А., Ярыгина Е. И., Ракова В. М. Исследование влияния хитозана в составе вакцины на иммунный ответ против болезни Ньюкасла у цыплят-бройлеров. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2025; 2 (4): 33–42. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202504203>
- Petrovsky N., Aguilar J. C. Vaccine adjuvants: current state and future trends. *Immunology and Cell Biology*. 2004; 82 (5): 488–496. <https://doi.org/10.1111/j.0818-9641.2004.01272.x>
- Schijns V. E. J. C. Mechanisms of vaccine adjuvant activity: initiation and regulation of immune responses by vaccine adjuvants. *Vaccine*. 2003; 21 (9–10): 829–831. [https://doi.org/10.1016/s0264-410x\(02\)00527-3](https://doi.org/10.1016/s0264-410x(02)00527-3)
- ISO 10993-5:2009. Biological evaluation of medical devices. Part 5: Tests for *in vitro* cytotoxicity. <https://www.iso.org/standard/36406.html>
- Прилепский А. Ю., Дроздов А. С., Богатырев В. А., Староверов С. А. Методы работы с клеточными культурами и определение токсичности наноматериалов. СПб.: Университет ИТМО; 2019. 43 с. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2501.pdf>
- Liaqat F., Eltem R. Chitoooligosaccharides and their biological activities: a comprehensive review. *Carbohydrate Polymers*. 2018; 184: 243–259. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.067>
- Садовая Е. А., Пименов Н. В., Литвинов О. Б. Хитинолитические ферменты микроорганизмов и пути их применения в биотехнологии. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2025; 2 (4): 137–148. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202504215>
- Kean T., Thanou M. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2010; 62 (1): 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2009.09.004>
- Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in Polymer Science*. 2006; 31 (7): 603–632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>
- Горшенин Д. С., Жернов Ю. В., Кривцов Г. Г., Хаитов М. П. Применение хитозана и его производных в иммунотерапии злокачественных новообразований. *Иммунология*. 2020; 41 (5): 470–478. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-5-470-478>
- Illum L., Jabbal-Gill I., Hinchcliffe M., Fisher A. N., Davis S. S. Chitosan as a novel nasal delivery system for vaccines. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2001; 51 (1–3): 81–96. [https://doi.org/10.1016/s0169-409x\(01\)00171-5](https://doi.org/10.1016/s0169-409x(01)00171-5)
- Vasiliev Yu. M. Chitosan-based vaccine adjuvants: incomplete characterization complicates preclinical and clinical evaluation. *Expert Review of Vaccines*. 2015; 14 (1): 37–53. <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.956729>
- Carroll E. C., Jin L., Mori A., Muñoz-Wolf N., Oleszycka E., Moran H. B. T., et al. The vaccine adjuvant chitosan promotes cellular immunity via DNA sensor cGAS-STING-dependent induction of type I interferons. *Immunity*. 2016; 44 (3): 597–608. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2016.02.004>
- Bi Y., Xu Q., Su L., Xu J., Liu Z., Yang Y., et al. The combinations chitosan-Pam₃CSK₂ and chitosan-monophosphoryl lipid A: promising immune-enhancing adjuvants for anticancer vaccine PAC. *Infection and Immunity*. 2019; 87 (12): e00651-19. <https://doi.org/10.1128/iai.00651-19>
- Zaharoff D. A., Rogers C. J., Hance K. W., Schlom J., Greiner J. W. Chitosan solution enhances both humoral and cell-mediated immune responses to subcutaneous vaccination. *Vaccine*. 2007; 25 (11): 2085–2094. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2006.11.034>
- Фрешни Р. Я. Культура животных клеток: практическое руководство. 5-е изд. М.: Лаборатория знаний; 2022. 791 с.

REFERENCES

- Dimitrov K. M., Afonso C. L., Yu Q., Miller P. J. Newcastle disease vaccines – a solved problem or a continuous challenge? *Veterinary Microbiology*. 2017; 206: 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.12.019>
- Animal Influenza. Ed. by D. E. Swayne. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2016. 656 p.
- Bordoloi S., Nayak A., Singh A. P., Singh R. V., Dubey A., Jadav K., et al. Evaluation of Newcastle disease antibody titre in broiler poultry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021; 10 (1): 1839–1844. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.214>
- Minkova O. A., Yarigina E. I., Rakova V. M. A study of the effect of chitosan in the immune response against Newcastle disease in broiler chickens. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. 2025; 2 (4): 33–42. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202504203> (in Russ.)
- Petrovsky N., Aguilar J. C. Vaccine adjuvants: current state and future trends. *Immunology and Cell Biology*. 2004; 82 (5): 488–496. <https://doi.org/10.1111/j.0818-9641.2004.01272.x>
- Schijns V. E. Mechanisms of vaccine adjuvant activity: initiation and regulation of immune responses by vaccine adjuvants. *Vaccine*. 2003; 21 (9–10): 829–831. [https://doi.org/10.1016/s0264-410x\(02\)00527-3](https://doi.org/10.1016/s0264-410x(02)00527-3)
- ISO 10993-5:2009. Biological evaluation of medical devices. Part 5: Tests for *in vitro* cytotoxicity. <https://www.iso.org/standard/36406.html>
- Prilepskiy A. Yu., Drozdov A. S., Bogatyrev V. A., Staroverov S. A. Methods of working with cell cultures and determining the toxicity of nanomaterials. Saint Petersburg: ITMO University; 2019. 43 p. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2501.pdf> (in Russ.)
- Liaqat F., Eltem R. Chitoooligosaccharides and their biological activities: a comprehensive review. *Carbohydrate Polymers*. 2018; 184: 243–259. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.067>
- Sadovaya E. A., Pimenov N. V., Litvinov O. B. Chitinolytic enzymes of microbial origin and ways of their application in biotechnology. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. 2025; 2 (4): 137–148. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202504215> (in Russ.)
- Kean T., Thanou M. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2010; 62 (1): 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2009.09.004>
- Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications. *Progress in Polymer Science*. 2006; 31 (7): 603–632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>
- Gorshenin D. S., Zhernov Yu. V., Krivtsov G. G., Khaitov M. R. Application of chitosan and its derivatives in immunotherapy of malignant neoplasms. *Immunologiya*. 2020; 41 (5): 470–478. <https://doi.org/10.33029/0206-4952-2020-41-5-470-478> (in Russ.)
- Illum L., Jabbal-Gill I., Hinchcliffe M., Fisher A. N., Davis S. S. Chitosan as a novel nasal delivery system for vaccines. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2001; 51 (1–3): 81–96. [https://doi.org/10.1016/s0169-409x\(01\)00171-5](https://doi.org/10.1016/s0169-409x(01)00171-5)
- Vasiliev Yu. M. Chitosan-based vaccine adjuvants: incomplete characterization complicates preclinical and clinical evaluation. *Expert Review of Vaccines*. 2015; 14 (1): 37–53. <https://doi.org/10.1586/14760584.2015.956729>
- Carroll E. C., Jin L., Mori A., Muñoz-Wolf N., Oleszycka E., Moran H. B. T., et al. The vaccine adjuvant chitosan promotes cellular immunity via DNA sensor cGAS-STING-dependent induction of type I interferons. *Immunity*. 2016; 44 (3): 597–608. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2016.02.004>
- Bi Y., Xu Q., Su L., Xu J., Liu Z., Yang Y., et al. The combinations chitosan-Pam₃CSK₄ and chitosan-monophosphoryl lipid A: promising immune-enhancing adjuvants for anticancer vaccine PAC. *Infection and Immunity*. 2019; 87 (12): e00651-19. <https://doi.org/10.1128/iai.00651-19>
- Zaharoff D. A., Rogers C. J., Hance K. W., Schlom J., Greiner J. W. Chitosan solution enhances both humoral and cell-mediated immune responses to subcutaneous vaccination. *Vaccine*. 2007; 25 (11): 2085–2094. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2006.11.034>
- Freshney R. I. Culture of Animal Cells: A Manual of Basic Technique and Specialized Applications. 6th ed. Wiley-Backwell; 2010. 796 p. <https://doi.org/10.1002/9780470649367>

Поступила в редакцию / Received 24.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 19.01.2026

Принята к публикации / Accepted 25.02.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ярыгина Елена Игоревна, д-р биол. наук, профессор кафедры вирусологии и микробиологии имени академика В. Н. Сюрин, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4214-039X>, jarigina@mail.ru

Минькова Ольга Александровна, ассистент кафедры вирусологии и микробиологии имени академика В. Н. Сюрин, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5910-1744>, minkowa.olga2012@ya.ru

Лага Вита Юрьевна, канд. биол. наук, доцент кафедры вирусологии и микробиологии имени академика В. Н. Сюрин, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7518-9408>, vita.laga@mail.ru

Elena I. Yarygina, Dr. Sci. (Biology), Professor, Department of Virology and Microbiology named after Academician V. N. Syurin, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4214-039X>, jarigina@mail.ru

Olga A. Minkova, Assistant, Department of Virology and Microbiology named after Academician V. N. Syurin, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5910-1744>, minkowa.olga2012@ya.ru

Vita Yu. Laga, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Virology and Microbiology named after Academician V. N. Syurin, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7518-9408>, vita.laga@mail.ru

Вклад авторов: Ярыгина Е. И. – разработка концепции и планирование эксперимента, утверждение финальной версии статьи для публикации; Минькова О. А. – проведение эксперимента, анализ данных, написание рукописи; Лага В. Ю. – научное консультирование, анализ результатов, редактирование рукописи. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации и одобрили финальную версию статьи.

Contribution of the authors: Yarygina E. I. – study conceptualization and design, final approval of the paper for publication; Minkova O. A. – tests, data analysis, paper writing; Laga V. Yu. – scientific consulting, analysis of results, paper editing. All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication and approved the final version of the paper.

К юбилею Ольги Владиславовны Прунтовой

24 марта отметила юбилей Ольга Владиславовна Прунтова, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ВНИИЗЖ).

Ее имя по праву занимает одно из ведущих мест в научном сообществе. Ольга Владиславовна вошла в коллектив ВНИИЗЖ старшим лаборантом сразу после окончания университета. Имея высокий уровень подготовки (средняя политехническая школа, биофак Пермского государственного университета им. А. М. Горького, аспирантура, стажировки в ведущих научно-исследовательских учреждениях страны) и истинный интерес к науке, Ольга Владиславовна успешно защитила в 1988 г. кандидатскую диссертацию, а в 2003 г. – докторскую. Она является одним из создателей первых зарегистрированных в России инактивированных эмульсионных вакцин против сальмонеллеза и пастереллеза свиней и иммуноферментных тест-систем для выявления противосальмонеллезных и противопастереллезных антител в сыворотках крови животных.

В 2006 г. Ольга Владиславовна возглавила вновь созданную лабораторию диагностики бактериальных инфекций животных. Кроме научных исследований подразделение выполняло государственные задания по эпизоотологическому и серологическому мониторингу инфекций, вызываемых бактериями семейств *Enterobacteriaceae* и *Pasteurellaceae*, занималась разработкой тест-систем для выявления антигенов и антигенов этих возбудителей.

Огромный опыт, деловые качества и твердая жизненная позиция Ольги Владиславовны способствовали созданию испытательного центра ВНИИЗЖ, которым она руководила в течение десяти лет и который в дальнейшем получил международную аккредитацию на проведение испытаний пищевых продуктов, кормов и продуктов животного происхождения по микробиологическим и физико-химическим показателям.

Ольга Владиславовна не только известный ученый, талантливый руководитель, она щедрый и мудрый наставник. Ее последователи успешно трудятся на благо отечественной науки и ветеринарной отрасли. Под руководством О. В. Прунтовой защищены 7 кандидатских диссертаций. На протяжении многих лет она совмещала научную деятельность с преподавательской. Работала в должности профессора и заведующего кафедрой биологии во Владимирском государственном университете, преподавала такие предметы, как «Общая биология», «Экология», «Общая микробиология с основами вирусологии» и «Медицинская микробиология», не только будущим биологам, но и студентам других специальностей.



Она продолжает делиться опытом с молодыми учеными: читает лекции аспирантам, участвует в экзаменационных и аттестационных комиссиях, является научным руководителем кандидатских диссертаций и ведет активную работу в диссертационном совете в качестве заместителя председателя.

Ее вклад в развитие российской науки подтверждают более 300 научных работ. Это статьи в ведущих научных журналах, 3 монографии, учебные пособия и методические рекомендации, более 20 патентов и авторских свидетельств, тезисы докладов на научных форумах, симпозиумах и конференциях.

За активную творческую жизнь Ольга Владиславовна не раз поощрялась грамотами и дипломами различного статуса и уровня, в 2013 г. награждена медалью ВНИИЗЖ за вклад в развитие института, в 2018 г. – медалью Россельхознадзора за вклад в ветеринарную науку, за научные разработки неоднократно была в числе победителей конкурса «Золотая осень».

Огромный коллектив ВНИИЗЖ поздравляет Вас, Ольга Владиславовна, с юбилейной датой! Желаем крепкого здоровья, долгих лет активной и плодотворной жизни, неиссякаемой творческой энергии и благополучия. Пусть Ваш научный путь ведет к новым выдающимся достижениям, а энтузиазм и мудрость вдохновляют новое поколение ученых!

К юбилею Натальи Станиславовны Мудрак

8 февраля 2026 г. для Натальи Станиславовны Мудрак, доктора биологических наук, главного научного сотрудника референтной лаборатории вирусных болезней птиц ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ВНИИЗЖ), – это не только День российской науки, но и юбилейная дата.

Наталья Станиславовна родилась в г. Белебее Башкирской АССР в семье инженера и учителя, которые воспитали ее трудолюбивым, целеустремленным человеком. В 1980 г., окончив биологический факультет Башкирского государственного университета, начала свой путь в науке в должности старшего лаборанта Всесоюзного научно-исследовательского ящурного института, поступила в аспирантуру, где углубленно занялась изучением антигенных и иммуногенных свойств синтетических пептидов вируса ящура. В 1993 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию и вскоре была назначена заведующим лабораторией диагностики вирусных болезней птиц. В 2010 г. Наталья Станиславовна защитила докторскую диссертацию.

Вся научная деятельность Н. С. Мудрак посвящена ветеринарной вирусологии, разработке и усовершенствованию средств и методов диагностики вирусных болезней сельскохозяйственных животных на основе достижений биотехнологии и генной инженерии. Результаты ее исследований внесли существенный вклад в изучение молекулярной эпизоотологии вирусных болезней птиц, в создание комплексной системы серологического мониторинга в птицеводстве с применением отечественных диагностических наборов, оборудования, реагентов и компьютерной программы, обеспечивающей получение надежных данных об иммунном статусе птицепоголовья. Под руководством Натальи Станиславовны и при ее непосредственном участии впервые разработаны и прошли государственную регистрацию иммуноферментные тест-системы на основе непрямого варианта ИФА для выявления и количественной оценки специфических антител к возбудителям основных экономически значимых инфекционных болезней кур. С целью внедрения современных методов диагностики в ветеринарную практику Наталья Станиславовна провела большую работу по комплектации рабочих мест для региональных, зональных и областных (краевых, республиканских) ветеринарных лабораторий, диагностических лабораторий предприятий и учреждений ветеринарного профиля, обеспечив их диагностическими наборами с использованием методов ИФА и ПЦР.

Натальей Станиславовной опубликовано более 300 научных работ, получено 25 авторских свидетельств и патентов на изобретения.



Отличительной чертой характера Н. С. Мудрак является готовность прийти на помощь каждому. Ее умение общаться вызывает искреннее уважение у всех, с кем ей приходится работать. Она обладает огромным опытом, умеет видеть новые и перспективные направления в науке. Н. С. Мудрак подготовила четырех кандидатов, одного доктора наук и продолжает оказывать соискателям консультативную, методическую, а зачастую и практическую помощь в выполнении исследований.

Наталья Станиславовна с 2013 г. член совета по защите кандидатских и докторских диссертаций ВНИИЗЖ, с 2016 г. – заместитель председателя диссертационного совета.

Научная деятельность Н. С. Мудрак в области обеспечения эпизоотического благополучия по вирусным болезням птиц получила высокую оценку – она награждена почетной грамотой Минсельхоза России (2003 г.); медалью ВНИИЗЖ за вклад в развитие института (2013 г.); юбилейной медалью «70 лет Владимирской области» (2014 г.); памятной медалью Россельхознадзора за вклад в ветеринарную науку (2018 г.) и другими наградами разного уровня и статуса.

Руководство ВНИИЗЖ и весь коллектив сердечно поздравляют Наталью Станиславовну с юбилеем, желают крепкого здоровья, новых творческих успехов и достижений, счастья и благополучия!

К 75-летию Василия Ивановича Белоусова

В январе 2026 г. исполнилось 75 лет доктору ветеринарных наук, профессору Василию Ивановичу Белоусову.

Василий Иванович родился в хуторе Дружинском Серафимовичского района Волгоградской области 4 января 1951 г. В 1973 г. окончил Московскую ветеринарную академию и был назначен директором Клетской ветеринарной лаборатории Волгоградской области. В разные годы работал младшим научным сотрудником ВГНКИ, старшим ветеринарным врачом Центральной ветеринарной лаборатории МСХ СССР, заведующим отделом серологии и лептоспироза Республиканской научно-производственной лаборатории по борьбе с болезнями животных МСХ РСФСР, старшим научным сотрудником, ученым секретарем, заведующим лабораторией иммунологии, заместителем директора по научной работе ВНИТИБП. Более 10 лет был начальником отдела ветеринарной санитарной экспертизы и лабораторной диагностики Департамента ветеринарии МСХ РФ, а после организации Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору – начальником отдела безопасности продуктов животного происхождения и лабораторной работы. В 2008 г. В. И. Белоусов переведен в ЦНМВЛ заместителем директора по работе с государственными ветеринарными лабораториями России. С 2021 г. по настоящее время Василий Иванович работает во ВНИИЗЖ в должности главного научного сотрудника отдела координации НИР.

В 1980 г. В. И. Белоусов защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук, а в 1997 г. – доктора ветеринарных наук. В 2000 г. ему присвоено звание профессора.

Белоусов Василий Иванович – ведущий специалист в области микробиологии, биотехнологии и ветеринарно-санитарной экспертизы. Его основная научная деятельность связана с совершенствованием и созданием новых технологий производства лекарственных средств для профилактики болезней животных, методов их диагностики, контроля безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов животного и растительного происхождения, а также кормов. При участии В. И. Белоусова разработаны промышленная технология производства ассоциированной вакцины против хламидиоза, кампилобактериоза, сальмонеллеза и лептоспироза мелкого рогатого скота, а также способ концентрирования лептоспир и вакцина против лептоспироза. Для диагностики хламидиоза овец им был предложен метод иммуноферментного анализа, для диагностики лептоспироза – флуоресцирующий глобулин.

Совместно с представителями Минэкономразвития, Ростехрегулирования и Минздрава России



профессор принимал активное участие в работе межведомственных рабочих групп по обсуждению проектов федеральных законов в сфере ветеринарии и медицины, гармонизации отечественных нормативных документов с международными, сертификации продукции животного происхождения и кормов в период подготовки ветеринарной службы РФ к вступлению в ВТО.

В настоящее время В. И. Белоусов разрабатывает порядок лабораторного контроля объектов государственного ветеринарного надзора, оценивает работу зарубежных ветеринарных служб, осуществляющих контроль за направляемой в Россию продукцией животного происхождения и кормами.

Василий Иванович – автор и соавтор более 250 научных работ, в том числе 7 монографий. Под его руководством защищено 4 докторских и 14 кандидатских диссертаций, подготовлено более 30 нормативно-технических и методических документов на производство и применение вакцин, диагностикумов и методик.

Василий Иванович – член ученого совета ВНИИЗЖ, диссертационного совета МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина, член редколлегии журнала «Комбикорма», член Наблюдательного совета Ассоциации развития коневодства. Более 10 лет являлся членом редколлегии журнала «Ветеринария».

Ученый награжден многими медалями и грамотами, является почетным работником Россельхознадзора.

Желаем Вам, уважаемый Василий Иванович, крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и новых научных достижений!

ЖУРНАЛ «ВЕТЕРИНАРИЯ СЕГОДНЯ» ПРИГЛАШАЕТ АВТОРОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ СВОИХ НАУЧНЫХ РАБОТ

- Журнал основан в 2012 г. на базе ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных».
- Статьи публикуются на двух языках: русском и английском.
- Основными направлениями являются результаты теоретических и экспериментальных исследований в области ветеринарии и ветеринарной микробиологии, тенденций развития ветеринарной науки, обсуждение актуальных вопросов в области мониторинга и эпизоотологии болезней животных.
- Журнал распространяется по всей территории России, а также в крупнейших мировых научных центрах.
- Мы публикуем статьи как выдающихся, так и молодых ученых, специалистов-практиков, работников ветеринарных учреждений для обмена опытом, обеспечения устойчивого ветеринарного благополучия и новых научных дискуссий.

ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА

– Изучение основных тенденций развития ветеринарной науки.

– Анализ широкого круга передовых технологий в области мониторинга и эпизоотологии болезней животных, представление результатов теоретических и экспериментальных исследований в данной области.

– Обсуждение актуальных вопросов ветеринарии.

ПОДРОБНЕЕ ОБ УСЛОВИЯХ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ ВЫ МОЖЕТЕ УЗНАТЬ В НАШЕЙ РЕДАКЦИИ

Адрес: 600901, Владимирская обл., г. Владимир, мкр. Юрьевец, ул. Гвардейская, д. 6

Телефоны: +7 (4922) 26-15-12, 26-17-65, 26-19-88, доб. 22-27

Контактное лицо: Никешина Татьяна Борисовна,
e-mail: nikeshina@arriah.ru
Узнайте больше на сайте журнала
<https://veterinary.arriah.ru/jour>

**«Ветеринария сегодня» –
это прекрасная возможность
заявить о себе миру!**

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ СТАТЬЯМ

К публикации принимаются статьи на двух языках – русском и английском, – содержащие результаты собственных научных исследований, объемом не менее 3000 слов для оригинальных статей и до 6000 слов – для обзора. Шрифт – Times New Roman (кириллица, 12 pt). Междустрочный интервал – одинарный.

Предоставление в редакцию рукописи статьи является подтверждением согласия автора на использование его произведения как в бумажном, так и в электронном виде. Авторы несут ответственность за полноту и достоверность цитируемой в их работах литературы, а также за публикацию заимствованного материала без ссылки на источник. Материалы направляются в редакцию с сопроводительным письмом от организации автора (форма на сайте).

СТРУКТУРА ПРЕДОСТАВЛЯЕМОЙ СТАТЬИ

1. УДК

2. Название статьи

3. **Имя, отчество, фамилия авторов**, место работы, город, страна, ORCID ID, адрес электронной почты.

4. **Резюме** (краткое точное изложение содержания статьи, включающее фактические сведения и выводы описываемой работы): 200–250 слов, но не более 2000 знаков. Для оригинальных статей резюме должно быть обязательно структурировано и включать разделы, отражающие порядок проведения исследования: *введение, цель исследования, материалы и методы, результаты, заключение*. Для обзоров и других типов публикаций структурирование резюме рекомендовано.

5. **Ключевые слова** (5–6 слов, словосочетаний), наиболее точно отображающие специфику статьи.

6. **Благодарности** (в случае финансирования исследования организацией или желанием выразить благодарность определенным людям).

7. Для цитирования

8. Конфликт интересов

9. **Для корреспонденции** (фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, научное звание, должность, адрес, электронная почта).

10. Введение

11. Материалы и методы

12. Результаты и обсуждение

13. Выводы или заключение

14. **Список литературы** (*ванкуверский стиль* – расположение источников в порядке их цитирования; количество цитируемых работ в оригинальных статьях – около 30, в обзорах – не более 60).

15. **Информация об авторах** (фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, научное звание, должность, город, страна).

16. **Вклад авторов** (необходимо указать вклад авторов в подготовку статьи).

17. К размещению принимаются иллюстрированные материалы (фото, графики) хорошей контрастности, с разрешением не ниже 300 точек на дюйм (300 dpi), оригиналы прикладываются к статье отдельными файлами в формате .tif или .jpg (рисунки, не соответствующие требованиям, будут исключены из статей, поскольку достойное их воспроизведение типографским способом невозможно).

Работа должна быть представлена в редакторе WORD, формат DOC, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, размер полей – по 2 см, отступ в начале абзаца – 1 см, форматирование по ширине.

Рисунки, таблицы, схемы, графики и пр. должны быть обязательно пронумерованы, иметь источники и уместиться в печатное поле страницы. Название таблицы – над таблицей; название рисунка/графика – под рисунком/графиком. Максимальное суммарное количество таблиц и рисунков в одной статье должно быть не более 5.

Оригиналы и копии присланных статей не возвращаются. Авторы должны гарантировать, что поданный материал не был ранее опубликован. Важным условием для принятия статей в журнал «Ветеринария сегодня» является выполнение всех вышеперечисленных требований редакции.



ФГБУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ»
FEDERAL CENTRE FOR ANIMAL HEALTH (ARRIAH)

РЕФЕРЕНТНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ВОЗЖ ПО ЯЩУРУ
WOAH REFERENCE LABORATORY FOR FOOT AND MOUTH DISEASE

РЕФЕРЕНТНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ВОЗЖ ПО ГРИППУ ПТИЦ
WOAH REFERENCE LABORATORY FOR AVIAN INFLUENZA

РЕФЕРЕНТНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ВОЗЖ ПО БОЛЕЗНИ НЬЮКАСЛА
WOAH REFERENCE LABORATORY FOR NEWCASTLE DISEASE

ЦЕНТР ВОЗЖ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ
И КОНТРОЛЯ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ СТРАН
ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ, ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И ЗАКАВКАЗЬЯ
WOAH COLLABORATING CENTRE FOR DIAGNOSIS AND CONTROL OF VIRAL
ANIMAL DISEASES IN EASTERN EUROPE, CENTRAL ASIA AND TRANSCAUCASIA

РЕФЕРЕНТНЫЙ ЦЕНТР ФАО ПО ЯЩУРУ
FAO REFERENCE CENTRE FOR FOOT-AND-MOUTH DISEASE

РЕФЕРЕНТНЫЙ ЦЕНТР ФАО ПО ЗООНОЗНЫМ КОРОНАВИРУСАМ
FAO REFERENCE CENTRE FOR ZOO NOTIC CORONAVIRUSES



БАЗОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВ – УЧАСТНИКОВ СНГ ПО ПОВЫШЕНИЮ КВАЛИФИКАЦИИ
И ПЕРЕПОДГОТОВКЕ КАДРОВ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ
CIS BASE CHAIR FOR ADVANCED TRAINING AND PROFESSIONAL RETRAINING IN THE FIELD OF ANIMAL DISEASE DIAGNOSIS AND CONTROL

ОТДЕЛ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛАДИМИРСКОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ФГБУ «ВНИИЗЖ»

Областью деятельности является проведение независимых испытаний пищевой продукции, продовольственного сырья и кормов для животных по показателям качества и безопасности, определяющим степень соответствия их нормам и требованиям действующих нормативных документов Российской Федерации.

С 2011 года подразделение аккредитовано в Федеральной службе по аккредитации, уникальный номер записи в реестре № РОСС RU.0001.21ПП74.



Основные направления деятельности:

- проведение лабораторных исследований пищевых продуктов и кормов животного и растительного происхождения на качество и безопасность по микробиологическим показателям в соответствии с требованиями нормативных документов;
- проведение лабораторных исследований смывов с рук и оборудования на соответствие санитарно-гигиеническим показателям;
- проведение скрининговых исследований пищевых продуктов и кормов на содержание антибактериальных препаратов, микотоксинов и гормонов методом ИФА;
- проведение исследований пищевых продуктов и кормов на наличие ГМО методом ПЦР-РВ, идентификация ГМО линий, определение количественного содержания ГМО;
- проведение идентификации видоспецифичной ДНК (КРС, МРС, свинья, птица) в составе кормов, сырья и пищевых продуктов;
- исследования на радиационную безопасность продуктов, кормов и питьевой воды;
- участие в проведении семинаров, стажировок, курсов по повышению квалификации ветеринарных специалистов по вопросам пищевой микробиологии.

Отдел микробиологических исследований предоставляет услуги производителям – экспортерам пищевой продукции для оценки соответствия их товаров требованиям зарубежных рынков.

Подразделение участвует в межлабораторных сличительных испытаниях для подтверждения достоверности применяемых методик.

Сотрудники отдела микробиологических исследований Владимирской испытательной лаборатории регулярно совершенствуют свои профессиональные навыки на курсах повышения квалификации и участвуют в международных конференциях.

Мы располагаем самым современным оборудованием для идентификации микроорганизмов и готовы помочь вам решить любые микробиологические задачи!

Отдел по работе с заказчиком:
+7 (4922) 52-99-22
+7 (4922)-26-17-65, доб. 21-12
e-mail: ic@arriah.ru