



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

ИЮНЬ | JUNE

ТОМ 14 № 2 2025

SCIENTIFIC JOURNAL



БОЛЕЗНИ СВИНЕЙ

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



Современные подходы
к диагностике и профилактике
репродуктивно-
респираторного синдрома
свиней (обзор)

стр. 114

Интеграция применения дронов
и искусственного интеллекта для
обнаружения диких кабанов,
туш и их останков в связи
с африканской чумой свиней

стр. 123

Эпизоотическая
ситуация
по заразным
болезням свиней
в Республике Бурунди

стр. 148

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

ИЮНЬ ТОМ 14 № 2 2025

Основан в 2012 г.

VETERINARY SCIENCE TODAY

FREQUENCY: 4 times a year

JUNE VOLUME 14 No. 2 2025

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: 304722; Scopus Author ID: 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

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

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

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

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

Гулюкин Михаил Иванович – д-р вет. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ «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

Забережный Алексей Дмитриевич – д-р биол. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «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

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

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 ФГБНУ «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

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

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

Метлин Артем Евгеньевич – д-р вет. наук, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, г. Рим, Италия; <https://orcid.org/0000-0002-4283-0171>; AuthorID: 149714; Scopus Author ID: 6505942586; ResearcherID: Z-2189-2019

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

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: ANB-4663-2022

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

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; SciProfiles: 2357633; ResearcherID: ABE-7283-2020

Дизайн и верстка: Бондарь Мария

Ответственный редактор: Гусева Елена

Редактор-координатор: Власова Яна

Редакторы-корректоры:

Нурмухамбетова-Михайлова Юлия, Рыгузова Мария

Корректор: Тулаева Карина

Журнал «Ветеринария сегодня» зарегистрирован в Федеральной службе

по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых

коммуникаций, свидетельство о регистрации № Ф77-49033 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

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: [dusanpetkovic / GettyImages](https://www.gettyimages.com)

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

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

Пронин Валерий Васильевич – д-р биол. наук, профессор, ФГБНУ «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

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

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

Раవిлов Рустам Хаматович – д-р вет. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7210-7470>; AuthorID: 417736; Scopus Author ID: 6506697664; ResearcherID: Q-1810-2015

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, ФГБНУ «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

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; SciProfiles: 652922

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

Сисягин Павел Николаевич – д-р вет. наук, профессор, член-корреспондент РАН, г. Нижний Новгород, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1085-220X>; AuthorID: 702788; ResearcherID: A-5358-2016

Соколов Марияна – 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: Y-8635-2019

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 «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина», г. Москва, Россия; 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

Шахов Алексей Гаврилович – д-р вет. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «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

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

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

Уредитель: 600901, г. Владимир, мкр. Юрьевец, ФГБУ «ВНИИЗЖ»

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

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

Адрес редакции: 600901, г. Владимир,

мкр. Юрьевец, ФГБУ «ВНИИЗЖ»

Типография: ООО «ГРiН ПРИ»,

152900, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Луговая, 7

Подписано в печать: 11 июня 2025 года

Дата выхода в свет: 30 июня 2025 года

© ФГБУ «ВНИИЗЖ»,

научное редактирование,

корректурa статей, 2025

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: 58616318800; ResearcherID: F-5330-2019

Cover photo: [dusanpetkovic / GettyImages](#)

Editorial Board:

Boldbaatar Bazartseren – PhD/DVM, Mongolian University of Life Sciences, Ulan Bator, Mongolia; <https://orcid.org/0000-0002-6137-7990>; Scopus Author ID: 2663473300; 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, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 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, Corresponding Member 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: [AAO-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

Artem Ye. Metlin – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy; <https://orcid.org/0000-0002-4283-0171>; AuthorID: 149714; Scopus Author ID: 6505942586; ResearcherID: [Z-2189-2019](#)

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: 58616318800; 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 Academy of Veterinary Medicine n. a. N. E. Bauman, 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 Samarđžija – 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

Pavel N. Sisyagin – Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Corresponding Member of the RAS, Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1085-220X>; AuthorID: 702788; ResearcherID: [A-5358-2016](#)

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, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA n. a. K. I. Skryabin, Moscow, Russia; 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: [DAAD-3416-2022](#)

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

Design and composition: Maria Bondar

Managing Editor: Elena Guseva

Coordinating Editor: Iana Vlasova

Content editors:

Julia Nurmukhambetova-Mikhailova, Maria Ryaguzova

Proof-reader: Karina Tulaeva

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: 600901, Vladimir, Yur'evets, Federal Centre for Animal Health

Publisher: Veinard, 129626, Moscow,

102 Prospect Mira, bld. 31, office 12

Editorial Staff Office: 600901, Vladimir, Yur'evets,

Federal Centre for Animal Health

Printing Office: Grand Prix,

152900, Yaroslavl Oblast, Rybinsk, Lugovaya str., 7

Approved for print: June 11, 2025

Issued: June 30, 2025

© Federal Centre
for Animal Health,
scientific editing,
proofreading of articles, 2025

Creative Commons
Attribution 4.0 License



Содержание

ОБЗОРЫ | БОЛЕЗНИ СВИНЕЙ

114 Современные подходы к диагностике и профилактике репродуктивно-респираторного синдрома свиней (обзор)
Ю. А. Николаева

123 Интеграция применения дронов и искусственного интеллекта для обнаружения диких кабанов, туш и их останков в связи с африканской чумой свиней
Т. Ю. Беспалова, Е. В. Корогодина, Т. В. Михалева

ОБЗОРЫ | БОЛЕЗНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

133 Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота: особенности клинического проявления, патогенеза и молекулярной эпизоотологии (обзор)
С. В. Котенева, А. Г. Готов, Т. И. Глотова, А. В. Нефедченко

ОБЗОРЫ | БОЛЕЗНИ РЫБ

140 Факторы, способствующие развитию патологических изменений в глазах у рыб
Л. И. Бычкова, Т. А. Карасева, В. А. Пыльнов

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ СВИНЕЙ

148 Эпизоотическая ситуация по заразным болезням свиней в Республике Бурунди
А. Г. Коцаев, Х. Нийонгабо, Н. Е. Горковенко, К. Нимбона, Ж.-Б. Нтирандекура

156 Вирулицидная активность дезинфицирующих препаратов в отношении возбудителя африканской чумы свиней
И. А. Лаврентьев, А. С. Иголкин, А. А. Шевцов, И. С. Колбин, О. С. Пузанкова, В. Л. Гаврилова, Р. С. Чернышев

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

164 К совершенствованию дифференциальной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота в условиях Республики Дагестан
М. О. Баратов

171 Разработка и апробация набора хромогенных сред для экспресс-диагностики мастита крупного рогатого скота
А. В. Капустин, А. И. Лаишевцев, В. А. Савинов, П. Н. Шастин, Х. Х. Гильманов, А. В. Хабарова

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | БОЛЕЗНИ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

179 Изучение антигенных свойств вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак
А. А. Климова, А. А. Комарова, А. М. Киселев, Т. С. Галкина

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | ВЕТЕРИНАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

186 Индикация биопленок изолятов *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*, идентифицированных при болезнях органов дыхания и пищеварения птиц
Е. М. Ленченко, В. В. Пономарев, Н. П. Сачивкина

194 Видовое разнообразие клостридий у крупного рогатого скота
П. Н. Шастин, В. А. Савинов, А. И. Лаишевцев, Е. Д. Мандрыка, Е. А. Фабрикантова, А. В. Супова

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ | ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

201 Анализ выявлений микотоксинов по данным информационной системы RASFF за период с 2020 по 2022 г.
С. С. Ибрагимова, О. В. Прунтова, Н. Б. Шадрова, Т. В. Жбанова

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

210 К 70-летию Идриса Гавазовича Идиатулина

ПАМЯТИ КОЛЛЕГ

211 Владислав Петрович Онуфриев (1925–1998): к 100-летию со дня рождения

Contents

REVIEWS | PORCINE DISEASES

114 Modern approaches to diagnosis and prevention of porcine reproductive and respiratory syndrome (review)
Yu. A. Nikolaeva

123 Artificial intelligence-integrated drones used for detection of live wild boars, wild boar carcasses and remnants in the context of African swine fever control
T. Yu. Bepalova, E. V. Korogodina, T. V. Mikhaleva

REVIEWS | BOVINE DISEASES

133 Bovine respiratory syncytial virus infection: clinical manifestations, pathogenesis and molecular epidemiology (review)
S. V. Koteneva, A. G. Glotov, T. I. Glotova, A. V. Nefedchenko

REVIEWS | FISH DISEASES

140 Factors contributing to ocular pathologies in fish
L. I. Bychkova, T. A. Karaseva, V. A. Pylnov

ORIGINAL ARTICLES | PORCINE DISEASES

148 Epizootic situation on contagious porcine diseases in the Republic of Burundi
A. G. Koshchaev, H. Niyongabo, N. E. Gorkovenko, C. Nimbona, J.-B. Ntirandekura

156 Virucidal activity of disinfectants against African swine fever virus
I. A. Lavrentiev, A. S. Igolkin, A. A. Shevtsov, I. S. Kolbin, O. S. Puzankova, V. L. Gavrilova, R. S. Chernyshev

ORIGINAL ARTICLES | BOVINE DISEASES

164 Towards improved differential diagnostics of bovine tuberculosis in the Republic of Dagestan
M. O. Baratov

171 Development and testing of a set of chromogenic media for rapid diagnosis of bovine mastitis
A. V. Kapustin, A. I. Laishevtsev, V. A. Savinov, P. N. Shastin, Kh. Kh. Gilmanov, A. V. Khabarova

ORIGINAL ARTICLES | DISEASES OF SMALL PETS

179 Testing of vaccine against canine distemper, parvovirus and coronavirus enteritis, adenovirus infection and dog rabies for its antigenic properties
A. A. Klimova, A. A. Komarova, A. M. Kiselev, T. S. Galkina

ORIGINAL ARTICLES | VETERINARY MICROBIOLOGY

186 Identification of *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris* biofilms detected in poultry with respiratory and gastrointestinal diseases
E. M. Lenchenko, V. V. Ponomarev, N. P. Sachivkina

194 *Clostridium* species diversity in cattle
P. N. Shastin, V. A. Savinov, A. I. Laishevtsev, E. D. Mandryka, E. A. Fabrikantova, A. V. Supova

ORIGINAL ARTICLES | GENERAL ISSUES

201 Analysis of RASFF notifications for mycotoxins in 2020–2022
S. S. Ibragimova, O. V. Pruntova, N. B. Shadrova, T. V. Zhbanova

ANNIVERSARY DATES

210 On the 70th anniversary of Idris G. Idiatulin

COLLEAGUES' COMMEMORATION

211 Dedicated to the 100th anniversary of the birth: Dr. Vladislav P. Onufriev (1925–1998)



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-114-122>
УДК 619:616.98:578.833:636.4:616-076:616-085.371



Современные подходы к диагностике и профилактике репродуктивно-респираторного синдрома свиней (обзор)

Ю. А. Николаева

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»),
Научный городок-2, г. Казань, 420075, Республика Татарстан, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Репродуктивно-респираторный синдром свиней (PPCS), вызываемый вирусом из семейства *Arteriviridae*, является одной из наиболее экономически значимых болезней свиней во многих странах мира. Основные проявления заболевания включают репродуктивную дисфункцию у свиноматок, которая проявляется абортными на поздних сроках беременности, ранними или отсроченными опоросами, рождением слабых или нежизнеспособных поросят, нерегулярным эструсом; реже сообщается о патологиях на ранних и средних сроках беременности. У поросят и откормочных свиней наблюдается респираторный дистресс-синдром: кашель, чихание, одышка, задержка роста. Кроме того, заражение вирусом PPCS приводит к снижению респираторного иммунитета, что делает инфицированных свиней более восприимчивыми к вторичным инфекциям и повышает смертность среди поголовья. В настоящем обзоре представлена актуальная информация о текущем состоянии лабораторной диагностики и специфической профилактики PPCS, а также рассмотрены перспективные биотехнологические платформы для конструирования вакцин нового поколения.

Цель исследования. Рассмотреть и обобщить современные подходы к диагностике и профилактике репродуктивно-респираторного синдрома свиней.

Материалы и методы. Материалом для аналитического исследования послужили научные публикации зарубежных и отечественных авторов.

Результаты. Приведена нозологическая характеристика заболевания, рассмотрены особенности клинических проявлений, эпизоотологии, организации генома возбудителя. Описаны и обсуждены применяемые в ветеринарной практике классические и современные методы лабораторной диагностики, а также коммерчески доступные препараты для специфической профилактики PPCS и перспективные биотехнологические платформы для создания вакцин нового поколения, которые позволяют достичь оптимального баланса между безопасностью и эффективностью. На текущем этапе изучения патогенеза PPCS существуют три основные проблемы в разработке вакцин: недостаточность сведений о механизмах иммунной защиты, способность вируса индуцировать негативные регуляторные сигналы для иммунной системы и значительная антигенная изменчивость возбудителя.

Заключение. Штаммы вируса PPCS демонстрируют значительную генетическую и антигенную гетерогенность и часто подвергаются рекомбинациям, что усугубляет проблемы эпизоотологии, профилактики и контроля заболевания. Дальнейшее углубленное изучение особенностей иммунного ответа организма-хозяина, а также идентификация Т- и В-клеточных эпитопов в структуре возбудителя позволит обеспечить рациональный дизайн генно-инженерных вакцин.

Ключевые слова: обзор, репродуктивно-респираторный синдром свиней, эпизоотология, вакцинация, диагностика

Благодарности: Исследование выполнено в рамках госзадания ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» на 2025–2026 гг. по теме 4.2.5 «Разработка технологических подходов к производству современных вакцин против вирусных и бактериальных инфекций животных».

Для цитирования: Николаева Ю. А. Современные подходы к диагностике и профилактике репродуктивно-респираторного синдрома свиней (обзор). *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 114–122. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-114-122>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Николаева Юлия Александровна, младший научный сотрудник лаборатории вирусных антропозоонозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», Научный городок-2, г. Казань, 420075, Республика Татарстан, Россия, yulia.nikolaeva111@mail.ru

Modern approaches to diagnosis and prevention of porcine reproductive and respiratory syndrome (review)

Yulia A. Nikolaeva

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchnyi gorodok-2, Kazan 420075, Republic of Tatarstan, Russia

ABSTRACT

Introduction. Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS), caused by a virus from the family *Arteriviridae*, is one of the most economically significant porcine diseases in many countries. The disease is mainly manifested by reproductive disorders in sows, i.e. abortions in late pregnancy, early or delayed farrowing, birth of weak or non-viable piglets, irregular estrus; pathologies in early and middle pregnancy are less often reported. Piglets and fattening pigs have respiratory distress syndrome: coughing, sneezing, dyspnea and stunted growth. In addition, infection with PRRS virus undermines respiratory immunity, which makes the

infected pigs more susceptible to secondary infections and increases mortality in the herd. This review provides up-to-date information on the current laboratory diagnostic tools and recent data on specific PRRS prevention and gives information on the promising biotechnological platforms that can be used to design new-generation vaccines.

Objective. To consider and summarize modern approaches to diagnosis and prevention of porcine reproductive and respiratory syndrome.

Materials and methods. Scientific publications of foreign and domestic authors served as the material for the research.

Results. The paper presents nosological characteristics of the disease, explores distinctive features of its clinical manifestations and epizootiology; analyzes structure of the pathogen's genome. This review describes and evaluates laboratory diagnostic techniques (both conventional and modern); currently available anti-PRRS vaccines and novel biotech platforms enabling to design safer and more effective next-generation vaccines. There are three major challenges in vaccine development at the current stage of PRRS pathogenesis research: insufficient understanding of immune protection mechanisms, the virus's ability to induce negative regulatory signals for the immune system, and the pathogen's high antigenic variability.

Conclusion. PRRS virus strains exhibit significant genetic and antigenic heterogeneity and frequently undergo recombination, which exacerbates the challenges of epizootiology, disease prevention, and control. Further in-depth study of host immune response characteristics, along with identification of T- and B-cell epitopes in the pathogen structure, will enable rational design of genetically engineered vaccines.

Keywords: review, porcine reproductive and respiratory syndrome, epizootiology, vaccination, diagnosis

Acknowledgements: The study was conducted as part of a state-funded research program of the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety for 2025–2026 on topic 4.2.5 “Development of technological approaches for production of modern vaccines against viral and bacterial infections in animals”.

For citation: Nikolaeva Yu. A. Modern approaches to diagnosis and prevention of porcine reproductive and respiratory syndrome (review). *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 114–122. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-114-122>

Conflict of interests: The author declares no conflict of interests.

For correspondence: Yulia A. Nikolaeva, Junior Researcher, Laboratory of Viral Anthroozoonoses, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchnyi gorodok-2, Kazan 420075, Republic of Tatarstan, Russia, yulia.nikolaeva111@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Репродуктивно-респираторный синдром свиней (PPCC, porcine reproductive and respiratory syndrome, PRRS), вызываемый вирусом PPCC (*Betaarterivirus* 1-го и 2-го типов), является одной из наиболее экономически значимых болезней свиней во многих странах мира: глобальный ущерб, связанный с данной инфекцией, оценивается более чем в 600 млн долларов США ежегодно. Первые вспышки заболевания неизвестной этиологии были зарегистрированы в США и Западной Европе в конце 1980-х – начале 1990-х гг., несколько лет спустя превратившись в пандемию [1, 2]. У свиноматок наблюдались репродуктивные нарушения в виде абортов, мумификации плодов, мертворождения либо рождения нежизнеспособного потомства; у растущих поросят – респираторные симптомы (одышка, кашель и лихорадка) [3]. В 1991 г. в Нидерландах и впоследствии в 1992 г. в США было установлено, что возбудителем заболевания является ранее неизвестный РНК-содержащий вирус; заболевание получило название «репродуктивно-респираторный синдром свиней» [4]. Ретроспективные исследования показали, что антитела к возбудителю PPCC были обнаружены еще до 1979 г. в Восточной Канаде и в середине 1980-х гг. в Айове [5], однако сами вирусы так и не были идентифицированы. Вероятно, в истории распространения возбудителя PPCC произошел ряд значимых эпизоотических событий, в связи с чем происхождение ряда штаммов, в частности из кластера, связанного со штаммом MN184 [6], вызывающих «острый PPCC», или «шторм абортов» [7], и некоторых высокопатогенных китайских штаммов, остается неизвестным [8]. В России первая вспышка PPCC была зафиксирована в 1991 г. при абортах у свиноматок в хозяйствах Курской области [9]. В 2007 г. во время вспышки PPCC в Иркутской области был выделен возбудитель американского генотипа (PPCC-2) [10].

Этиологическим агентом заболевания является вирус PPCC (BPPCC), представляющий собой небольшой оболочечный одноцепочечный вирус с положительной полярностью РНК, относящийся к роду *Betaarterivirus*, семейству *Arteriviridae*, отряду *Nidovirales* [11]. Штаммы BPPCC классифицируются как BPPCC типа 1 (европейский генотип – EU-like) и BPPCC типа 2 (североамериканский генотип – NA-like). Геном BPPCC характеризуется высокой изменчивостью даже относительно других РНК-вирусов: из-за отсутствия корректирующей активности РНК-зависимой РНК-полимеразы он крайне подвержен мутациям и рекомбинациям, что приводит к появлению его новых изолятов во всем мире [12]. Имея длину около 14,9–15,5 т. п. н., вирусный геном содержит не менее 11 открытых рамок считывания (*ORF*) с 5'-кэпом и 3'-полиаденилированным хвостом [13]. Неструктурные белки (*nsr* 1–12), обладающие функциями протеазы, репликазы, регуляции экспрессии генов клетки-хозяина и ответственные за синтез вирусной РНК, кодируются *ORF1a* и *ORF1b*, которые занимают примерно две трети генома [14]. Структурные белки – капсидный белок (N), мембранный белок (M), гликопротеины GP2, GP3, GP4, GP5 и белок оболочки (E) – экспрессируются субгеномной РНК и кодируются *ORF2–7* [15]. Различия нуклеотидных последовательностей наиболее консервативных (ген *ORF7*, кодирующий капсидный белок N) и переменных (ген *ORF5*, кодирующий мажорный гликопротеин GP5) генов лежат в основе современной системы генотипирования BPPCC [16].

Несмотря на обилие последовательностей, депонированных в базах данных, ни одна из имеющихся систем классификации не охватывает всего разнообразия существующих вариантов BPPCC [17]. Основными ограничениями применяемых методик генотипирования являются неполный охват доступных данных

Таблица 1
Генотипы ВРРСС и их известные представители [24, 25, 26, 27, 28]

Table 1
PRRS virus genotypes and their known representatives [24, 25, 26, 27, 28]

Генотип	Известные представители, GenBank ID
ВРРСС-1 (европейский генотип – EU-like)	
Подтип 1 (глобальный)	штамм Lelystad (NC_043487.1), Нидерланды
Подтип 1 (российский)	штамм WestSib13 (KX668221.1), Россия
Подтип 2	штамм Bor (JN651734.1), Беларусь
Подтип 3	штамм SU1-Bel (KP889243.1), Беларусь
ВРРСС-2 (североамериканский генотип – NA-like)	
Линия 1	штамм NADC30 (MH500776.1), Китай
Линия 3	штамм QYYZ (JQ308798.1), Китай
Линия 5	штамм VR-2332 (AY150564.1), США
Линия 8	изоляты JXA1 (AY032626.1), CH-1a (EF112445.1), Китай

и отсутствие эталонных последовательностей [18]. В 2010 г. была предложена система типирования ВРРСС на основе филогенетической линии [19]. Согласно этой системе, штаммы ВРРСС-1 сгруппированы в четыре подтипа (подтип 1 – глобальный, подтип 1 – российский, подтипы 2 и 3), а штаммы ВРРСС-2 – в девять линий (линия 1 – линия 9) на основе филогенетических связей в регионе *ORF5* [20, 21]. Оба генотипа, подразделяясь на клады, линии и подштаммы, демонстрируют высокое генетическое разнообразие и обладают примерно 60%-й идентичностью нуклеотидных последовательностей [22, 23] (табл. 1).

Целью настоящего аналитического исследования явилось рассмотрение и обобщение современных подходов к лабораторной диагностике и специфической профилактике РРСС.

ЭПИЗООТОЛОГИЯ РРСС В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В номенклатуре Всемирной организации здравоохранения животных РРСС – социально и экономически значимое заболевание [10]. Согласно представленной информации, большее эпизоотическое значение имеет инфекция, вызванная ВРРСС-2, так как вирусемия у животных, инфицированных штаммами данного генотипа, была более выраженной и продолжительной, чем при заражении ВРРСС-1 [29]. Изоляты ВРРСС-1-1, включая так называемую российскую группу вирусов, ВРРСС-1-2 и ВРРСС-1-3 значительно различаются по патогенности [3]. Проведенный филогенетический анализ указывает на то, что на территории России преимущественно распространен европейский тип вируса, главным образом принадлежащий к 1-му (российскому) подтипу [29]. Большинство штаммов ВРРСС-1 могут быть отнесены к российской группе; циркуляция небольшого количества штаммов, гомологичных штамму Lelystad, вероятно, связана с использованием аттенуированных вакцин на основе ВРРСС-1 [30]. Однако во время вспышки РРСС в Центральном федеральном округе в 2020 г., помимо вирусов из российской группы, ранее выявлявшихся в этих регионах, были обнаружены и Lelystad-подобные вирусы [9, 31]. Филогенетически близкий вирус этого

типа был идентифицирован в Польше в 2010 г. [32], это свидетельствует о том, что на территорию России продолжается занос новых вариантов ВРРСС из Европы. До середины 2000-х гг. североамериканский генотип ВРРСС не регистрировали на территории России, однако в 2007 г. в Иркутской области была зафиксирована вспышка, вызванная высокопатогенным ВРРСС-2, предположительно, завезенным из Китая [33]. Кроме того, имеются сведения об обнаружении ВРРСС-2 в Республике Мордовия, Белгородской и Кемеровской областях [3, 9, 34]. Источник заноса американских штаммов на территорию России неизвестен, но предполагается, что они могли быть ввезены, например, из Дании, где циркулирует ВРРСС-2 и откуда ведется импорт племенных животных [9].

НОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РРСС

Основные проявления заболевания включают репродуктивную дисфункцию у свиноматок, которая проявляется абортами на поздних сроках беременности, ранними или отсроченными опоросами, рождением слабых или нежизнеспособных поросят, нерегулярным эструсом; реже сообщается о патологиях на ранних и средних сроках беременности [35, 36]. Основной причиной репродуктивных расстройств является повреждение плаценты и эндометрия, вызываемое вирусом. У поросят и откормочных свиней наблюдается респираторный дистресс-синдром: кашель, чихание, одышка, задержка роста. Кроме того, заражение ВРРСС приводит к снижению респираторного иммунитета, что делает инфицированных свиней более восприимчивыми к вторичным инфекциям, как следствие, в ассоциации с вирусами манифестируют бактериальные патогены, что повышает смертность среди поголовья [37]. Молодые животные более подвержены заболеванию РРСС, чем взрослые свиньи, при этом у ремонтных хряков и свиноматок часто наблюдается субклиническая инфекция [38].

ЛАБОРАТОРНАЯ ДИАГНОСТИКА

Характеристика основных методов, применяемых в диагностике РРСС, представлена в таблице 2.

Таблица 2
Методы диагностики РРСС [3, 37]

Table 2
Methods for diagnosing PRRS [3, 37]

Метод	Принцип	Особенности применения
Вирусовыделение		
Культуральный метод	Использование культур клеток альвеолярных макрофагов	Выделение вируса может быть нерезультативным, поскольку не все изоляты (особенно ВРРСС-1) способны к инфицированию клеток MARC-145 и CL-2621 – клонов, полученных из линии клеток почки обезьяны MA-104 [39]
Серологические методы		
Иммуноферментный анализ (ИФА)	Основан на выявлении вирусспецифических антител при помощи диагностического антигена. Наиболее часто используемый метод выявления антител был адаптирован для обнаружения IgG, IgM и IgA [40]	Коммерческие наборы доступны для определения серологического статуса свиней как в сыворотке крови, так и в ротовой жидкости в качестве диагностической матрицы (тест-системы для выявления антител к ВРРСС: «РРСС-СЕРОТЕСТ», «РРСС-СЕРОТЕСТ плюс», ООО «Ветбиохим», Россия)
Реакция иммунофлуоресценции (РИФ)	Основана на выявлении вирусного антигена при помощи специфических антител, меченных флуоресцентным красителем. Специфическая флуоресценция должна наблюдаться в инфицированных клетках с положительной контрольной сывороткой. Также предназначена для обнаружения IgG, IgM и IgA [41]	Эффективность РИФ зависит от качества меченых диагностических антител и условий проведения реакции. Важными аспектами являются правильная подготовка образцов и контрольные тесты, которые обеспечивают достоверность результатов
Реакция нейтрализации (РН)	Основана на нейтрализации вируса антителами специфической сыворотки. Используется для обнаружения функциональных антител, связанных с иммунной защитой	Согласно литературным данным, выявление вируснейтрализующих антител возможно только на 45-й день после инфицирования. Это связано с тем, что синтез антител требует времени и на ранних стадиях инфекции уровень антител может быть недостаточным для их обнаружения. Таким образом, РН может быть неэффективна на начальных этапах инфекции. Реакция обладает высокой специфичностью и чувствительностью, что делает ее одним из наиболее надежных методов для определения наличия вируснейтрализующих антител
Иммунопероксидазный монослойный анализ (ИПМА)	Основан на применении фиксированных клеток перmissive линии, инфицированных соответствующим вирусом, для выявления специфических антител. Применяется для обнаружения антител изотипа IgG [42]	Может обеспечить распознавание ряда вариантов ВРРСС, включая полевые и вакцинные штаммы; по чувствительности и специфичности сопоставим с ОТ-ПЦР. Наиболее подходящий метод для раннего обнаружения и мониторинга циркуляции вируса
Молекулярно-генетические методы		
Полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР)	Основан на обнаружении фрагментов вирусного генома. Преимущества ОТ-ПЦР заключаются в высокой чувствительности и специфичности, а также в быстрой оценке текущего статуса инфекции	Метод не позволяет отличить инактивированный вирус от инфекционного. Доступные коммерческие наборы реагентов: «Тест-система «РРСС» для выявления РНК и генотипирования вируса репродуктивно-респираторного синдрома свиней методом полимеразной цепной реакции» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия); «ПЦР-РРСС-ФАКТОР» (ООО «ВЕТ ФАКТОР», Россия); «АмплиПрайм® РРСС» (ООО «НекстБио», Россия)
Секвенирование <i>ORF5</i>	Основан на молекулярно-генетическом типировании изолятов вируса РРСС. Анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента <i>ORF5</i> позволил выявить значительную генетическую изменчивость возбудителя [43]. В 2010 г. был предложен метод типирования ВРРСС на основе филогенетических связей в регионе <i>ORF5</i> [22], ставший впоследствии общепринятым	Отсутствуют достоверные сведения о корреляции между филогенетической группировкой на основе последовательностей <i>ORF5</i> и патогенностью или перекрестной защитой, поэтому этот подход несостоятелен для оценки вирулентности штаммов вируса
Секвенирование <i>ORF7</i>	Последовательность <i>ORF7</i> широко используется для определения генетических вариаций и филогенетических связей между различными штаммами ВРРСС, что указывает на важную роль <i>ORF7</i> в эволюции возбудителя [23]	Причиной выбора <i>ORF7</i> в качестве области для секвенирования является консервативность данного гена. Метод имеет ряд преимуществ: способен обнаруживать оба генотипа вируса, является быстрым, недорогим, чувствительным, а также позволяет выявлять новые сублинии и субгенотипы. Таким образом, метод является многообещающим инструментом диагностики и эпизоотологического надзора
Морфологические методы		
Иммуногистохимический метод	Основан на обнаружении специфических антигенов в тканях, фиксированных формалином. Позволяет визуализировать антиген вместе с гистологическими поражениями	Дает возможность идентифицировать вирус в месте поражения, служит доказательством причинно-следственной связи, позволяет выявлять различные концентрации вируса. Обладает меньшей чувствительностью относительно ПЦР; существуют определенные требования к пробоподготовке
Флуоресцентная гибридизация <i>in situ</i> (FISH)	Основан на применении ДНК-зондов, которые связываются с комплементарными мишенями в образце. Подходит для скрининга инфицированных вирусом тканей, в которых затронута относительно небольшое количество клеток	Хотя гибридизация <i>in situ</i> редко используется в диагностических целях, она способна обнаруживать и дифференцировать генотипы ВРРСС в тканях, фиксированных формалином. Чувствительность и специфичность этого метода для обнаружения генома ВРРСС могут быть недостаточными ввиду высокого генетического разнообразия вируса, особенно ВРРСС-1. Метод полезен для изучения вирусной персистенции и для рутинной диагностики РРСС

Таблица 3
Коммерческие вакцины против ПРСС

Table 3
Commercial vaccines against PRRS

Название вакцины (разработчик)	Регион применения	Генотип (штамм)	Эффективность
Живые вакцины [47, 48]			
Ingelvac® PRRS MLV (Boehringer Ingelheim, Германия)	Африка, Азия, Европа, Северная Америка, Южная Америка	VPPCC-2 (VR-2332)	Обеспечивают защиту от заражения гомологичными изолятами, но ограниченную перекрестную защиту от гетерологичных штаммов. Эффективность данных вакцин считается недостаточной для искоренения заболевания на фермах: были зафиксированы случаи крупномасштабных вспышек ПРСС в хозяйствах, практикующих вакцинацию. Использование живых модифицированных вакцин против ПРСС может быть проблематичным, поскольку вакцинный вирус способен выделяться в течение 2 нед. и имеет потенциал для реверсии к вирулентному типу
Ingelvac® PRRS ATP (Boehringer Ingelheim, Германия)	Азия, Европа, Северная Америка	VPPCC-2 (JA-142)	
Fostera® PRRS (Zoetis, США)	Африка, Азия, Европа, Северная Америка	VPPCC-2 (P129)	
Prime Pac® PRRS (MSD Animal Health, Нидерланды)	Африка, Азия, Европа, Северная Америка	VPPCC-2 (Neb-1)	
Prevacent® PRRS (Elanco Animal Health Inc., США)	Азия, Европа, Северная Америка	VPPCC-2 (RFLP 184)	
Unistrain® PRRS (Laboratorios Hipra, S.A., Испания)	Африка, Азия, Европа	VPPCC-1 (VP-046 BIS)	
ReproСyc® PRRS EU (Boehringer Ingelheim, Германия)	Африка, Азия, Европа	VPPCC-1 (94881)	
Pyrsvac-183® (Laboratorios Syva S.A., Испания)	Азия, Европа	VPPCC-1 (ALL-183)	
Suvaxyn® PRRS MLV (Zoetis, США)	Европа	VPPCC-1 (96V198)	
«ВНИИЗЖ-ПРСС» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия)	Россия	VPPCC-2 (аттенуированный штамм «БД-ДЕП»)	
«ВНИИЗЖ-РесурсВак» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия)	Россия	VPPCC-1 (аттенуированный штамм «Борз»)	
«Ресвак» (ФКП «Щелковский биокомбинат», Россия)	Россия	VPPCC-1 (штамм «PRRS-1SBC»)	
Инактивированные вакцины [49, 50]			
SUIPRAVAC® PRRS (Laboratorios Hipra, S.A., Испания)	Европа	VPPCC (VP-046 BIS)	Инактивированные вакцины индуцируют более слабый и менее продолжительный иммунный ответ и зачастую малоэффективны в отношении гетерологичных штаммов, однако они являются более стабильными и менее чувствительными к условиям хранения, безопасны для применения у беременных свиноматок
PROGRESSIS® (Merial, Франция)	Европа	VPPCC-1 (P120)	
SUIVAC® PRRS-INe / SUIVAC® PRRS-IN (Dyntec, Чехия)	Европа	VPPCC-1 (VD-E1/VD-E2/VD-A1)	
Biosuis PRRS inact Eu+Am (Bioveta, Inc., Чехия)	Европа, Россия	VPPCC-1 (европейский штамм MSV Bio-60, американский штамм MSV Bio-61)	
«ВНИИЗЖ-ПРСС инакт» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия)	Россия	VPPCC-1 (штамм «КПР-96»)	
PPCC-FREE (Reber Genetics, Co. Ltd, Китай)	Азия, Россия	VPPCC-1, VPPCC-2 (антигены PE-PQAB-K13, PE-RSAB-K13, PE-DGD-K13, PE-M12-K13)	
«ВЕРРЕС-ПРСС» (ООО «Ветбиохим», Россия)	Россия	VPPCC-1 (штамм «ОБ»); рекомбинантные белки М и GP-5 VPPCC-1 (штамм Туу16)	
«ВНИИЗЖ-РеПовак» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия)	Россия	VPPCC-1 (штамм «КПР-96»)	
«ВНИИЗЖ-Ауески+ПРСС» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия)	Россия	VPPCC-1 (штамм «КПР-96»)	

Таблица 4
Кандидатные вакцины против ПРСС

Table 4
Candidate vaccines against PRRS

Название вакцинного кандидата	Способ получения, протективные характеристики
Делеционный мутант vCSL1-GP5-N44S	Получен при помощи замены 44-й аминокислоты в эктодомене белка GP5 (замена серина на аспарагин). В испытании <i>in vivo</i> у поросят, иммунизированных vCSL1-GP5-N44S, не наблюдалось побочных эффектов; вакцина индуцировала образование высокого уровня нейтрализующих антител после заражения [54]
Аттенуированный штамм A2MC2-P90	Был получен после <i>in vitro</i> аттенуации ВРСС-А2МС2 посредством 90 последовательных пассажей в клетках MARC-145. Полученный штамм А2МС2-Р90 сохранил способность индуцировать ИФН в клеточной культуре. А2МС2-Р90 обеспечивал вакцинированным поросятам 100%-ю защиту от летального заражения чрезвычайно вирулентным штаммом НР-ВРСС-ХЖА1, в то время как у невакцинированных поросят к 21-му дню после заражения наблюдалась 100%-я смертность [55]
Химерный вирус vCSL1-GP5-N33D	Химерный вакцинный кандидат на основе ВРСС-2, экспрессирующий гипогликозилированный GP-5. Был применен в хозяйствах, неблагополучных по ПРСС; индуцировал образование нейтрализующих антител в высоких титрах спустя 8 нед. после вакцинации [56]
Химерный вирус VR2385-S3456	Фрагмент S3456 содержит полноразмерные последовательности генов, кодирующих структурные белки (ORF3-6), внедренные в геном ВРСС штамма VR2385. Индуцировал высокий уровень нейтрализующих антител против двух гетерологичных штаммов [57]
Химерный вирус K418DM1.1	Химерный вирус с геномной основой инфекционного клона FL12 высоковирулентного американского ВРСС, содержащей гены структурных белков штамма LMY ВРСС-2. K418 был дополнительно модифицирован путем дегликозилирования GP5 и обладал высокой иммуногенностью. Реверсии к вирулентному состоянию не наблюдалось [58]
Химерный вирус rJS-ORF2-6-CON	Основой явилась консенсусная последовательность ORF2-6 (ORF2-6-CON), кодирующая все оболочечные белки, разработанная на основе 30 актуальных китайских изолятов ВРСС. Химерный вирус rJS-ORF2-6-CON был создан с использованием авирулентного инфекционного клона НР-ПРРСВ2 JSTZ1712-12. Результаты испытаний <i>in vivo</i> показали, что вирус не является патогенным для поросят и обеспечивает перекрестную защиту против гетерологичных штаммов [45]
Химерный вирус rTGEV-GP5-N46S-M	Основой явился вирус трансмиссивного гастроэнтерита свиней, коэкспрессирующий белки GP5 (за исключением первого сайта гликозилирования) и М. После двукратной иммунизации поросят было установлено образование вируснейтрализующих антител; также была доказана функциональность вакцины <i>in vivo</i> при заражении штаммом ПРРСВ/Olot91. Недостатком является нестабильность рекомбинантного вируса: экспрессия GP5 снижалась при пассировании на уровне 8–10 пассажей [59]

СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПРОФИЛАКТИКА

Идеальная вакцина против ПРСС пока не разработана. Согласно современным требованиям, предъявляемым к новому поколению вакцин против ПРСС, они должны характеризоваться высокой эффективностью, безопасностью и при этом обеспечивать перекрестную защиту в отношении представителей разных генотипов вируса [44]. Из-за исключительной способности ВРСС мутировать и генерировать существенные генетические вариации разработка препарата с широким протективным эффектом особенно актуальна для борьбы с постоянно возникающими вспышками заболевания [45].

Первая коммерчески доступная модифицированная живая аттенуированная вакцина против ПРСС (ПРРСВ-МЛВ) была выпущена в США в 1994 г. Это событие стало отправной точкой для масштабных исследований безопасности и эффективности вакцин [46]. К настоящему времени разработано значительное количество классических (живых и инактивирован-

ных) вакцин, их краткая характеристика приведена в таблице 3.

В то же время результаты исследований, посвященных циркуляции и персистенции вакцинного штамма вируса, вызывают опасения относительно его безопасности: виремия подразумевает потенциальную передачу вакцинного вируса неинфицированным животным. Кроме того, вакцинный вирус может пересекать плацентарный барьер у беременных свиноматок и инфицировать развивающиеся плоды, что приводит к передаче возбудителя неинфицированным новорожденным поросятам во время лактации. Также было показано, что вакцинные штаммы способны рекомбинировать с полевыми, создавая потенциально новые генетически отличные варианты ВРСС в отдельной взятых хозяйствах [51]. По этим причинам эффективность живых аттенуированных вакцин несколько спорна, и общепризнано, что необходимо повысить их безопасность. В этом контексте для контроля и возможного искоренения ПРСС большое значение будет иметь

DIVA-стратегия (дифференцирование инфицированных от вакцинированных животных) [52, 53]. Эпизоотологические и нормативные соображения указывают на необходимость разработки DIVA-вакцины против РРСС, которая будет отличаться наличием отрицательного маркера (то есть маркера, отсутствующего в вакцинном штамме, но постоянно присутствующего в штаммах дикого типа). Подобные кандидатные вакцины были получены на платформе крупных ДНК-вирусов, таких как вирус псевдобешенства (PRV) и герпесвирус крупного рогатого скота 1-го типа (BHV-1), путем удаления генов, кодирующих некоторые структурные белки. Однако в случае небольшого РНК-вируса, такого как ВРРСС, который кодирует лишь несколько белков с основными функциями, создание мутантного вируса с делецией иммунодоминантного и консервативного сегментов белка (или комбинацией делеций в пределах одного белка или даже в различных белках) представляется более сложной задачей. Тем не менее такой подход может стать перспективной альтернативой для разработки живой аттенуированной маркированной вакцины против РРСС [8].

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ BIOTECHNOLOGICAL PLATFORMS FOR THE DEVELOPMENT OF CANDIDATE VACCINES

В таблице 4 рассмотрены основные характеристики некоторых кандидатных вакцин против РРСС, полученных на основе различных биотехнологических платформ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на текущем этапе изучения патогенеза РРСС можно выделить три основные проблемы разработки более эффективных вакцин нового поколения: недостаточность сведений о механизмах иммунной защиты, способность вируса индуцировать негативные регуляторные сигналы для иммунной системы, а также его значительная антигенная изменчивость [59]. В частности, последний фактор является причиной низкой эффективности существующих вакцин в отношении гетерологичного заражения. Дальнейшее углубленное изучение особенностей иммунного ответа организма-хозяина, а также идентификация T- и В-клеточных эпитопов в структуре ВРРСС позволит обеспечить рациональный дизайн генно-инженерных вакцин и впоследствии достичь оптимального баланса между их безопасностью и эффективностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Глазунова А. А., Корогодина Е. В., Севских Т. А., Краснова Е. А., Кукушкин С. А., Блохин А. А. Репродуктивно-респираторный синдром свиней в свиноводческих предприятиях (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23 (5): 600–610. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.600-610>
2. Glazunova A. A., Korogodina E. V., Sevskikh T. A., Krasnova E. A., Kukushkin S. A., Blokhin A. A. Reproductive and respiratory syndrome of pigs in pig breeding enterprises (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (5): 600–610. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.600-610> (in Russ.)
3. Butler J. E., Lager K. M., Golde W., Faaberg K. S., Sinkora M., Loving C., Zhang Y. I. Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): an immune dysregulatory pandemic. *Immunologic Research*. 2014; 59: 81–108. <https://doi.org/10.1007/s12026-014-8549-5>
4. Raev S., Yuzhakov A., Bulgakov A., Kostina L., Gerasianinov A., Verkhovskiy O., et al. An outbreak of a respiratory disorder at a Russian swine farm associated with the co-circulation of PRRSV1 and PRRSV2. *Viruses*. 2020; 12 (10):1169. <https://doi.org/10.3390/v12101169>

5. Мананов М. Репродуктивно-респираторный синдром свиней. *Животноводство России*. 2022; (1): 34–35. <https://elibrary.ru/vcsowo>
6. Mananov M. Porcine reproductive and respiratory syndrome. *Animal Husbandry of Russia*. 2022; (1): 34–35. <https://elibrary.ru/vcsowo> (in Russ.)
7. Nan Y., Wu C., Gu G., Sun W., Zhang Y.-J., Zhou E.-M. Improved vaccine against PRRSV: current progress and future perspective. *Frontiers in Microbiology*. 2017; 8:1635. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01635>
8. Wang Y., Liang Y., Han J., Burkhart K. M., Vaughn E. M., Roof M. B., Faaberg K. S. Attenuation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus strain MN184 using chimeric construction with vaccine sequence. *Virology*. 2008; 371 (2): 418–429. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2007.09.032>
9. Snijder E. J., Kikkert M., Fang Y. Arterivirus molecular biology and pathogenesis. *Journal of General Virology*. 2013; 94 (10): 2141–2163. <https://doi.org/10.1099/vir.0.056341-0>
10. Fang K., Liu S., Li X., Chen H., Qian P. Epidemiological and genetic characteristics of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in South China between 2017 and 2021. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:853044. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.853044>
11. Южаков А. Г., Жукова Е. В., Алипер Т. И., Гулюкин А. М. Репродуктивно-респираторный синдром свиней: ситуация в России. *Свиноводство*. 2022; (5): 32–35. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2022-5-32-35>
12. Yuzhakov A. G., Zhukova E. V., Aliper T. I., Gulyukin A. M. Porcine reproductive respiratory syndrome: situation in Russia. *Pigbreeding*. 2022; (5): 32–35. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2022-5-32-35> (in Russ.)
13. Стаффорд В. В., Раев С. А., Алексеев К. П., Южаков А. Г., Алипер Т. И., Забережный А. Д. и др. Иммуногистохимическая диагностика репродуктивного и респираторного синдрома свиней. *Ветеринария*. 2017; (2): 26–30. <https://elibrary.ru/vmtbiz>
14. Stafford V. V., Raev S. A., Alekseev K. P., Yushakov A. G., Aliper T. I., Zaberezhny A. D., et al. Immunohistochemistry method for the detection porcine reproductive and respiratory virus. *Veterinariya*. 2017; (2): 26–30. <https://elibrary.ru/vmtbiz> (in Russ.)
15. Du Y., Lu Y., Qi J., Wu J., Wang G., Wang J. Complete genome sequence of a moderately pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus variant strain. *Journal of Virology*. 2012; 86 (24): 13883–13884. <https://doi.org/10.1128/JVI.02731-12>
16. Sandri G. PRRSV sequencing and its use in practice. *Pig333.com: Professional Pig Community*. 5 March 2018. https://www.pig333.com/articles/prsv-sequencing-and-its-use-in-practice_13422
17. Guo C., Liu X. Editorial: Porcine reproductive and respiratory syndrome virus – animal virology, immunology, and pathogenesis. *Frontiers in Immunology*. 2023; 14: 1194386. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1194386>
18. Zheng Y., Li G., Luo Q., Sha H., Zhang H., Wang R., et al. Research progress on the N protein of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15:1391697. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1391697>
19. Brinton M. A., Gulyaeva A. A., Balasuriya U. B. R., Dunowska M., Faaberg K. S., Goldberg T., et al. ICTV Virus Taxonomy Profile: Arteriviridae 2021. *Journal of General Virology*. 2021; 102 (8):001632. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001632>
20. Thi Dieu Thuy N., Thi Thu N., Son N. G., Ha L. T. T., Hung V. K., Nguyen N. T., Khoa D. V. A. Genetic analysis of ORF5 porcine reproductive and respiratory syndrome virus isolated in Vietnam. *Microbiology and Immunology*. 2013; 57 (7): 518–526. <https://doi.org/10.1111/1348-0421.12067>
21. Yim-im W., Anderson T. K., Paploski I. A. D., VanderWaal K., Gauger P., Krueger K., et al. Refining PRRSV-2 genetic classification based on global ORF5 sequences and investigation of their geographic distributions and temporal changes. *Microbiology Spectrum*. 2023; 11 (6): e02916-23. <https://doi.org/10.1128/spectrum.02916-23>
22. Evans A. B., Loyd H., Dunkelberger J. R., van Tol S., Bolton M. J., Dorman K. S., et al. Antigenic and biological characterization of ORF2-6 variants at early times following PRRSV infection. *Viruses*. 2017; 9 (5):113. <https://doi.org/10.3390/v9050113>
23. Kappes M. A., Faaberg K. S. PRRSV structure, replication and recombination: Origin of phenotype and genotype diversity. *Virology*. 2015; 479–480: 475–486. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.02.012>
24. Zhang H., Xiang L., Xu H., Li C., Tang Y.-D., Gong B., et al. Lineage 1 porcine reproductive and respiratory syndrome virus attenuated live vaccine provides broad cross-protection against homologous and heterologous NADC30-like virus challenge in piglets. *Vaccines*. 2022; 10 (5):752. <https://doi.org/10.3390/vaccines10050752>
25. Shi M., Lam T. T.-Y., Hon C.-C., Hui R. K.-H., Faaberg K. S., Wennblom T., et al. Molecular epidemiology of PRRSV: A phylogenetic perspective. *Virus Research*. 2010; 154 (1–2): 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.08.014>
26. Pileri E., Mateu E. Review on the transmission porcine reproductive and respiratory syndrome virus between pigs and farms and impact on vaccination. *Veterinary Research*. 2016; 47 (1):108. <https://doi.org/10.1186/s13567-016-0391-4>

23. Щербakov A. V., Тимина А. М., Челышева М. В., Каньшина А. В. Филогенетическая характеристика вируса, вызвавшего вспышку атипичного репродуктивно-респираторного синдрома свиней в Иркутской области Российской Федерации. *Труды Федерального центра охраны здоровья животных*. 2009; 7: 55–63. <https://elibrary.ru/mouigt>
- Scherbakov A. V., Timina A. M., Chelysheva M. V., Kanshina A. V. Phylogenetic characterization of the virus responsible for atypical reproductive and respiratory syndrome outbreak in the Irkutskaya Oblast of the Russian Federation. *Proceedings of the Federal Centre for Animal Health*. 2009; 7: 55–63. <https://elibrary.ru/mouigt> (in Russ.)
24. Shi M., Lemey P., Singh Brar M., Suchard M. A., Murtaugh M. P., Carman S., et al. The spread of type 2 porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) in North America: A phylogeographic approach. *Virology*. 2013; 447 (1–2): 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2013.08.028>
25. Zhou L., Kang R., Zhang Y., Ding M., Xie B., Tian Y., et al. Whole genome analysis of two novel type 2 porcine reproductive and respiratory syndrome viruses with complex genome recombination between lineage 8, 3, and 1 strains identified in Southwestern China. *Viruses*. 2018; 10 (6):328. <https://doi.org/10.3390/v10060328>
26. Luo Q., Zheng Y., He Y., Li G., Zhang H., Sha H., et al. Genetic variation and recombination analysis of the GP5 (GP5a) gene of PRRSV-2 strains in China from 1996 to 2022. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14:1238766. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1238766>
27. Fan Y.-F., Bai J., Jiang P. Analysis on GP5 genetic variation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus from Shandong Province. *Journal of Domestic Animal Ecology*. 2017; 38 (4): 63–67. <http://jcst.magtech.com.cn/EN/Y2017/V38/I4/63>
28. Murtaugh M. P., Stadejek T., Abrahante J. E., Lam T. T.-Y., Leung F. C.-C. The ever-expanding diversity of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Virus Research*. 2010; 154 (1–2): 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.08.015>
29. Кукушкин С. А. Эпизоотология и меры борьбы с репродуктивно-респираторным синдромом свиней в мире и в Российской Федерации. *Ветеринарная патология*. 2006; (4): 89–95. <https://elibrary.ru/oedrgf>
- Kukushkin S. A. Porcine reproductive and respiratory syndrome. Epidemiology and control in the world and in the Russian Federation. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2006; (4): 89–95. <https://elibrary.ru/oedrgf> (in Russ.)
30. Stadejek T., Oleksiewicz M. B., Scherbakov A. V., Timina A. M., Krabbe J. S., Chabros K., Potapchuk D. Definition of subtypes in the European genotype of porcine reproductive and respiratory syndrome virus: nucleocapsid characteristics and geographical distribution in Europe. *Archives of Virology*. 2008; 153 (8): 1479–1488. <https://doi.org/10.1007/s00705-008-0146-2>
31. Frydas I. S., Verbeeck M., Cao J., Nauwynck H. J. Replication characteristics of porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) European subtype 1 (Lelystad) and subtype 3 (Lena) strains in nasal mucosa and cells of the monocytic lineage: indications for the use of new receptors of PRRSV (Lena). *Veterinary Research*. 2013; 44 (1):73. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-73>
32. Balka G., Podgórska K., Brar M. S., Bálint Á., Cadar D., Celer V., et al. Genetic diversity of PRRSV 1 in Central Eastern Europe in 1994–2014: origin and evolution of the virus in the region. *Scientific Reports*. 2018; 8 (1):7811. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26036-w>
33. Орлянкин Б. Г., Алипер Т. И., Мишин А. М. Инфекционные респираторные болезни свиней: этиология, диагностика и профилактика. *Свиноводство*. 2010; (3): 67–69. <https://elibrary.ru/oxoynv>
- Orlyankin B. G., Aliper T. I., Mishin A. M. Infektsionnye respiratornye bolezni svinei: etiologiya, diagnostika i profilaktika = Infectious respiratory porcine diseases: etiology, diagnosis and prevention. *Pigbreeding*. 2010; (3): 67–69. <https://elibrary.ru/oxoynv> (in Russ.)
34. Гречухин А. Н., Зеленуха Е. А. Анализ противоэпизоотических мероприятий при репродуктивно-респираторном синдроме свиней (PRRS) на крупном свиномкомплексе. *Свиноводство*. 2011; (4): 54–55. <https://elibrary.ru/nvxjey>
- Grechukhin A. N., Zelenukha E. A. Analiz protivoeepizooticheskikh meropriyatii pri reproduktivno-respiratornom sindrome svinei (RRRS) na крупном svinokomplekse = Analysis of anti-epizootic measures taken to control porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) on a large commercial pig farm. *Pigbreeding*. 2011; (4): 54–55. <https://elibrary.ru/nvxjey> (in Russ.)
35. Lunney J. K., Fang Y., Ladinig A., Chen N., Li Y., Rowland B., Renukaradhya G. J. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV): pathogenesis and interaction with the immune system. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2016; 4: 129–154. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-111025>
36. Fiers J., Maes D., Cay A.-B., Vandenbussche F., Mostin L., Parys A., Tignon M. PRRSV-vaccinated, seronegative sows and maternally derived antibodies (II): impact on PRRSV-1 vaccine effectiveness and challenge outcomes in piglets. *Vaccines*. 2024; 12 (3):257. <https://doi.org/10.3390/vaccines12030257>
37. Rowland R. R., Lawson S., Rossow K., Benfield D. A. Lymphoid tissue tropism of porcine reproductive and respiratory syndrome virus replication during persistent infection of pigs originally exposed to virus *in utero*. *Veterinary Microbiology*. 2003; 96 (3): 219–235. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.07.006>
38. Zimmerman J., Benfield D., Christopher-Hennings J., Dee S., Stevenson G. Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS). *Hogs, Pigs, and Pork*. August 28, 2019. <https://swine.extension.org/porcine-reproductive-and-respiratory-syndrome-prrs>
39. Rodríguez-Gómez I. M., Käser T., Gómez-Laguna J., Lamp B., Sinn L., Rümenerpf T., et al. PRRSV-infected monocyte-derived dendritic cells express high levels of SLA-DR and CD80/86 but do not stimulate PRRSV-naïve regulatory T cells to proliferate. *Veterinary Research*. 2015; 46 (1):54. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0186-z>
40. Каньшина А. В., Щербakov A. В. Серодиагностика PPCC: результаты участия в международных сравнительных испытаниях. *Ветеринария сегодня*. 2012; (2): 22–25. <https://elibrary.ru/svjqlj>
- Kanshina A. V., Scherbakov A. V. Serological diagnosis of PRRS: results of participation in international comparative trials. *Veterinary Science Today*. 2012; (2): 26–29. <https://elibrary.ru/svjqlj>
41. Teifke J. P., Dauber M., Fichtner D., Lenk M., Polster U., Weiland E., Beyrer J. Detection of European porcine reproductive and respiratory syndrome virus in porcine alveolar macrophages by two-colour immunofluorescence and in-situ hybridization-immunohistochemistry double labelling. *Journal of Comparative Pathology*. 2001; 124 (4): 238–245. <https://doi.org/10.1053/jcpa.2000.0458>
42. Pan J., Zeng M., Zhao M., Huang L. Research progress on the detection methods of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Frontiers in Microbiology*. 2023; 14:1097905. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1097905>
43. Montaner-Tarbes S., del Portillo H. A., Montoya M., Fraile L. Key gaps in the knowledge of the porcine respiratory reproductive syndrome virus (PRRSV). *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6:38. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00038>
44. Park C., Choi K., Jeong J., Chae C. Cross-protection of a new type 2 porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) modified live vaccine (Fostera PRRS) against heterologous type 1 PRRSV challenge in growing pigs. *Veterinary Microbiology*. 2015; 177 (1–2): 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.02.020>
45. Chen N., Li S., Tian Y., Li X., Li S., Li J., et al. Chimeric HP-BPPCC2 containing an ORF2-6 consensus sequence induces antibodies with broadly neutralizing activity and confers cross protection against virulent NADC30-like isolate. *Veterinary Research*. 2021; 52 (1):74. <https://doi.org/10.1186/s13567-021-00944-8>
46. Renukaradhya G. J., Meng X.-J., Calvert J. G., Roof M., Lager K. M. Live porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Current status and future direction. *Vaccine*. 2015; 33 (33): 4069–4080. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.06.092>
47. Li J., Miller L. C., Sang Y. Current status of vaccines for porcine reproductive and respiratory syndrome: interferon response, immunological overview, and future prospects. *Vaccines*. 2024; 12 (6):606. <https://doi.org/10.3390/vaccines12060606>
48. Байбиков Т. З., Гусев А. А., Дудникова Н. С., Дудников С. А., Гаврилова В. Л., Курман И. Я. и др. Штамм «БД» вируса репродуктивно-респираторного синдрома свиней для изготовления диагностических и вакцинных препаратов. Патент № 2220202 С1 Российская Федерация, МПК C12N 7/00, A61K 39/12. ФГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты животных». № 2002110976/13. Заявл. 25.04.2002. Оpubл. 27.12.2003.
- Vajbikov T. Z., Gusev A. A., Dudnikova N. S., Dudnikov S. A., Gavrilova V. L., Kurman I. Ja., et al. Swine reproductive-respiratory syndrome virus strain “BD” for preparing diagnostic and vaccine preparations. Patent No. 2220202 C1 Russian Federation, Int. Cl. C12N 7/00, A61K 39/12. All-Russian Research Institute for Animal Health. No. 2002110976/13. Date of filing: 25.04.2002. Date of publication: 27.12.2003.
49. Байбиков Т. З., Кукушкин С. А., Баборенко Е. П., Долганова Е. К., Гаврилова В. Л., Тетерин И. А. Вакцина против репродуктивно-респираторного синдрома свиней эмульсионная инактивированная. Патент № 2316346 С2 Российская Федерация, МПК A61K 39/12, A61P 31/12, C12N 7/00. ФГУ «Федеральный центр охраны здоровья животных». № 2006105369/13. Заявл. 20.02.2006. Оpubл. 10.02.2008. Бюл. № 4.
- Vajbikov T. Z., Kukushkin S. A., Baborenko E. P., Dolganova E. K., Gavrilova V. L., Teterin I. A. Inactivated emulsion vaccine against swine's reproductive-respiratory syndrome. Patent No. 2316346 C2 Russian Federation, Int. Cl. A61K 39/12, A61P 31/12, C12N 7/00. All-Russian Research Institute for Animal Health. No. 2006105369/13. Date of filing: 20.02.2006. Date of publication: 10.02.2008. Bull. No. 4.

50. Баборенко Е. П., Долганова Е. К., Груздев К. Н. Изучение антигенной активности ассоциированных вакцин против болезни Ауески, репродуктивно-респираторного синдрома и парвовирусной инфекции свиней. *Ветеринария сегодня*. 2018; (2): 13–17. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-2-25-13-17>
- Baborenko Ye. P., Dolganova Ye. K., Gruzdev K. N. Testing of combined vaccines against Aujeszky's disease, porcine reproductive and respiratory syndrome and porcine parvovirus infection for their antigenicity. *Veterinary Science Today*. 2018; (2): 13–17. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-2-25-13-17>
51. Madapong A., Saeng-chuto K., Tantituvanont A., Nilubol D. Safety of PRRSV-2 MLV vaccines administrated via the intramuscular or intradermal route and evaluation of PRRSV transmission upon needle-free and needle delivery. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1):23107. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02444-3>
52. Галеева А. Г., Усольцев К. В., Хаммадов Н. И., Насыров Ш. М. Дизайн антигенной композиции на основе фрагмента гликопротеина E2 вируса классической чумы свиней. *Ветеринарный врач*. 2024; (1): 28–33. <https://elibrary.ru/rdihub>
- Galeeva A. G., Usoltcev K. V., Khammadvov N. I., Nasyrov Sh. M. Design of antigenic composition based on partial E2 glycoprotein of classical swine fever virus. *Veterinarian*. 2024; (1): 28–33. <https://elibrary.ru/rdihub> (in Russ.)
53. 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 расплодов вируса классической чумы свиней. *Ветеринарный врач*. 2024; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/mnswgm>
- 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. *Veterinarian*. 2024; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/mnswgm> (in Russ.)
54. Choi J.-C., Kim M.-S., Choi H.-Y., Kang Y.-L., Choi I.-Y., Jung S.-W., et al. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus engineered by serine substitution on the 44th amino acid of GP5 resulted in a potential vaccine candidate with the ability to produce high levels of neutralizing antibody. *Veterinary Sciences*. 2023; 10 (3):191. <https://doi.org/10.3390/vetsci10030191>
55. Li Y., Li J., He S., Zhang W., Cao J., Pan X., et al. Interferon inducing porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccine candidate protected piglets from HP-PRRSV challenge and evoke a higher level of neutralizing antibodies response. *Vaccines*. 2020; 8 (3):490. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030490>
56. Choi H.-Y., Kim M.-S., Kang Y.-L., Choi J.-C., Choi I.-Y., Jung S.-W., et al. Development of a chimeric porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV)-2 vaccine candidate expressing hypo-glycosylated glycoprotein-5 ectodomain of Korean lineage-1 strain. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (4):165. <https://doi.org/10.3390/vetsci9040165>
57. Tian D., Cao D., Lynn Heffron C., Yugo D. M., Rogers A. J., Overend C., et al. Enhancing heterologous protection in pigs vaccinated with chimeric porcine reproductive and respiratory syndrome virus containing the full-length sequences of shuffled structural genes of multiple heterologous strains. *Vaccine*. 2017; 35 (18): 2427–2434. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.03.046>
58. Choi H.-Y., Lee S.-H., Ahn S.-H., Choi J.-C., Jeong J.-Y., Lee B.-J., et al. A chimeric porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV)-2 vaccine is safe under international guidelines and effective both in experimental and field conditions. *Research in Veterinary Science*. 2021; 135: 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.01.012>
59. Cruz J. L. G., Zúñiga S., Bécares M., Sola I., Ceriani J. E., Juanola S., et al. Vectored vaccines to protect against PRRSV. *Virus Research*. 2010; 154 (1–2): 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.06.017>

Поступила в редакцию / Received 17.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 18.02.2025

Принята к публикации / Accepted 25.03.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Николаева Юлия Александровна, младший научный сотрудник лаборатории вирусных антропоозонозов ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», г. Казань, Республика Татарстан, Россия; <https://orcid.org/0009-0007-0105-7171>, yulia.nikolaeva111@mail.ru

Yulia A. Nikolaeva, Junior Researcher, Laboratory of 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

Вклад автора: Николаева Ю. А. – проведение поисково-аналитической работы, подготовка и написание статьи.

Contribution of the author: Nikolaeva Yu. A. – conducting search and analytical work, preparing and writing the review article.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-123-132>
УДК 619:639.1.053:616-036.22:639.111.14:623.746.4-519:004.8

Интеграция применения дронов и искусственного интеллекта для обнаружения диких кабанов, туш и их останков в связи с африканской чумой свиней

Т. Ю. Беспалова, Е. В. Корогодина, Т. В. Михалева

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. Глобальное распространение африканской чумы свиней, смертельно опасного вирусного геморрагического заболевания домашних свиней и диких кабанов, диктует необходимость применения эффективных мер предупреждения и раннего выявления вспышек. Контроль численности популяции, а также поиск туш диких кабанов, погибших от африканской чумы свиней и являющихся источником передачи вируса, считаются приоритетными мерами в управлении заболеванием в дикой природе.

Цель исследования. Обобщение имеющихся в настоящее время знаний о передовых технологиях применения беспилотных летательных аппаратов (дронов) в условиях дикой природы в сочетании с методами искусственного интеллекта.

Материалы и методы. При выполнении работы применялись аналитические методы исследований с использованием баз данных PubMed, Springer, Wiley Online Library, Google Scholar, CrossRef, РИНЦ, eLIBRARY, CyberLeninka.

Результаты. В данном обзоре рассматривается возможность применения беспилотных летательных аппаратов (дронов) и искусственного интеллекта (нейронных сетей) для обнаружения диких кабанов и их останков в контексте борьбы с африканской чумой свиней. Подробно обсуждается роль диких кабанов в распространении заболевания и необходимость контроля их популяции, значение своевременного удаления трупов кабанов, при этом подчеркивается важность использования современных технологий для учета численности и плотности популяции дикого кабана. Проанализирована информация о применении дронов, оснащенных различными техническими средствами, при изучении популяций крупных видов животных в условиях дикой природы, отмечены преимущества и особенности использования беспилотных летательных аппаратов. Также обобщен опыт применения нейронных сетей в контексте автоматической обработки полученных с помощью дронов изображений животных.

Заключение. Интеграция беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта, вероятно, может стать ключевым инструментом в контроле популяции дикого кабана и быстром обнаружении туш кабанов, погибших вследствие африканской чумы свиней, что в целом позволит повысить эффективность мер, направленных на борьбу с данным заболеванием.

Ключевые слова: обзор, дикие кабаны, африканская чума свиней, методы учета животных, мониторинг, аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты, дроны, искусственный интеллект, нейронная сеть

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-2022-0004). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Для цитирования: Беспалова Т. Ю., Корогодина Е. В., Михалева Т. В. Интеграция применения дронов и искусственного интеллекта для обнаружения диких кабанов, туш и их останков в связи с африканской чумой свиней. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 123–132. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-123-132>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Беспалова Татьяна Юрьевна, заместитель руководителя группы, СамНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, ул. Магнитогорская, 8, г. Самара, 443013, Россия, 27bt@mail.ru

Artificial intelligence-integrated drones used for detection of live wild boars, wild boar carcasses and remnants in the context of African swine fever control

Tatiana Yu. Bespalova, Elena V. Korogodina, Tatyana V. Mikhaleva

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

ABSTRACT

Introduction. Effective measures for African swine fever outbreak prevention and early detection are required in view of global spread of African swine fever, fatal viral hemorrhagic disease of domestic pigs and wild boars. Wild boar population managing and search for the wild boars died of African swine fever and being the virus source are considered priority measures for the disease control in wildlife.

© Беспалова Т. Ю., Корогодина Е. В., Михалева Т. В., 2025

Objective. Generalization of currently available knowledge about advanced technologies for the use of unmanned aerial vehicles (drones) in combination with artificial intelligence-based methods in the wild.

Materials and methods. Analytical research methods including search in the following databases were used: PubMed, Springer, Wiley Online Library, Google Scholar, CrossRef, Russian Science Citation Index (RSCI), eLIBRARY, CyberLeninka.

Results. Potential of using unmanned aerial vehicles (drones) and artificial intelligence (neural network) for detection of wild boars and their remnants in the context of combating African swine fever is described in the review. The role of wild boars in the disease spread and the need for wild boar population regulation are discussed in detail. Also, the importance of timely wild boar carcass removal and use of modern technologies for wild boar population recording and its density estimation are underlined. Data on the use of drones equipped with various technical devices for study of large animal populations in the wild are analyzed, advantages and peculiarities of unmanned aerial vehicle use are indicated. Experience gained in using neural networks-based techniques for automatic processing of animal images acquired from drones is also summarized.

Conclusion. Artificial intelligence-integrated unmanned aerial vehicles appear to be a key tool for managing wild boar populations and the rapid detection of African swine fever dead wild boars that allows improvement of overall effectiveness of the measures taken against this disease.

Keywords: review, wild boar, African swine fever, animal recording techniques, monitoring, aerial photography, unmanned aerial vehicles, UAVs, drones, artificial intelligence, neural network

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 peer reviewing of this paper.

For citation: Bespalova T. Yu., Korogodina E. V., Mikhaleva T. V. Artificial intelligence-integrated drones used for detection of live wild boars, wild boar carcasses and remnants in the context of African swine fever control. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 123–132. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-123-132>

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

For correspondence: Tatiana Yu. Bespalova, Deputy Head of Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, 8 Magnitogorskaya str., Samara 443013, Russia, 27bt@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире наблюдается глобальное распространение африканской чумы свиней (АЧС), смертельно опасного вирусного геморрагического заболевания домашних свиней (*Sus scrofa domestica*) и диких кабанов (*Sus scrofa*), представляющего серьезную угрозу для свиноводческой отрасли [1]. Вклад диких кабанов в распространение болезни широко признан, установлено, что на территорию нескольких европейских стран вирус АЧС занесли именно мигрирующие инфицированные дикие кабаны [2, 3, 4, 5]. В разработке стратегий управления АЧС для контроля новых вспышек в природе одним из важных инструментов является мониторинг популяции дикого евразийского кабана, оценка численности, плотности и динамики популяции вида. Одной из наиболее эффективных мер по искоренению АЧС в дикой природе является выявление вспышки на ранних стадиях, включающее поиск трупов, которые представляют собой источник прямой и не прямой передачи вируса. Быстрое их обнаружение и безопасная утилизация может предотвратить дальнейшее распространение инфекции, поскольку установлено, что в тушах диких кабанов, погибших от АЧС, вирус сохраняется в течение нескольких месяцев [6, 7, 8, 9]. Поиск трупов, их останков – трудоемкая и отнимающая много времени деятельность, которая сильно зависит от размера очага вспышки, текущего сезона, рельефа местности, густоты растительности и других факторов. По мнению исследователей, большая часть трупов может не обнаруживаться традиционными наземными, пешими методами [10]. Поэтому для достоверной оценки численности и плотности популяции дикого кабана и оптимизации поиска туш и их останков требуется применение альтернативных современных методов и технологий.

В настоящее время все более популярными становятся беспилотные летательные аппараты (БПЛА), известные как дроны, коптеры или беспилотники, управляемые одним или несколькими пилотами с помощью каналов связи на пунктах дистанционного пилотирования (станциях наземного управления). БПЛА широко используются в абсолютно разных сферах, в том числе в практике мониторинга дикой природы. Более того, различные системы БПЛА, наряду с развивающимися технологиями искусственного интеллекта (ИИ), применяются для учета, анализа поведения и перемещений диких животных [11, 12, 13]. В последнее десятилетие в рамках природоохранных мероприятий с помощью беспилотников проводятся многочисленные исследования популяций и естественной среды обитания как диких птиц [14, 15, 16], так и различных видов крупных диких животных (приматов, слонов, бегемотов, копытных) [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23], однако их применение для поиска и учета популяций именно дикого кабана в рецензируемых источниках практически не освещено. БПЛА являются одним из многообещающих возможных дополнений к набору традиционных методов мониторинга. В ряде исследований показано, что, по сравнению с наземными методами (пеший мониторинг, применение фотоловушек и др.), беспилотники позволяют более быстро и с высокой точностью проводить подсчет популяций диких животных на обширных территориях [17, 24]. Ранее крупномасштабные аэрофотосъемки дикой природы проводились с помощью пилотируемых самолетов, однако использование БПЛА для воздушной съемки обходится значительно дешевле, а в сравнении со спутниковыми снимками они могут работать под облачным покровом [25]. ИИ, включая машинное обучение (МО), открывает революционные возможности в мониторинге дикой природы и позволяет повысить качество данных при подсчете

популяций животных, упростить сбор и автоматизировать рутинные процессы обработки данных. Нейросети (разновидность ИИ), обученные на массивах данных, ранее собранных с помощью аэрофотосъемки с дронов, лесных фотоловушек или видеокамер, способны распознавать не только вид, но и каждую отдельную особь животного. МО во много раз сокращает время обработки полученных снимков по сравнению с ручным анализом полученных с помощью фотоловушек фотографий. ИИ из десятков тысяч файлов данных за считанные минуты выбирает только те, на которых запечатлены животные. Это существенно экономит время исследователей [18].

В связи с продолжающейся в мире панзоотией АЧС в рамках управления инфекцией в природных условиях целесообразно изучать современные практики применения БПЛА, во-первых, в качестве инструмента наблюдения для оценки численности и плотности популяции диких кабанов, во-вторых, для эффективного поиска трупов и их останков. При анализе открытых опубликованных источников в этом ключе существенным пробелом явилось отсутствие исследований, касающихся применения БПЛА для поиска как живых особей, так и туш диких кабанов. Наш анализ практик использования БПЛА для наблюдений за другими видами животных в интеграции с ИИ, вероятно, поможет адаптировать их к программам мониторинга популяций дикого кабана и поиска туш животных, павших от АЧС, что будет способствовать улучшению контроля распространения данного заболевания.

Цель обзора заключалась в обобщении имеющихся в настоящее время знаний о передовых технологиях применения БПЛА (дронов) в условиях дикой природы в сочетании с методами ИИ. В данном обзоре рассмотрены роль дикого кабана в распространении АЧС и значение своевременного удаления трупов; использование БПЛА и нейросетей для наблюдения за популяциями крупных видов диких животных с акцентом на преимуществах и особенностях применения дронов по сравнению с традиционными методами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении работы применялись аналитические методы исследований с использованием баз данных PubMed, Springer, Wiley Online Library, Google Scholar, CrossRef, РИНЦ, eLIBRARY, CyberLeninka.

РОЛЬ ДИКОГО КАБАНА В ЭПИЗООТИИ АЧС

С тех пор как вирус АЧС II генотипа был обнаружен в Восточной Европе (2007 г.), заболевание распространилось во многих странах Европы и далеко за ее пределами (Азия, Америка и Океания). По данным Всемирной организации здравоохранения животных, за последние три года в общей сложности АЧС была зарегистрирована в 64 странах мира, поражено более 934 тыс. свиней и более 31 тыс. диких кабанов, при этом в Европе основная роль в распространении заболевания отводится дикому евразийскому кабана, общается более чем о 19 тыс. вспышек в популяции¹. В большинстве европейских стран на протяжении многих лет распространению АЧС способствуют факторы, которые потенциально связаны с экологией дикого

кабана, со стратегиями управления инфекцией в природе (например, эффективный поиск погибших кабанов), а также с длительным сохранением вируса АЧС в трупах и в окружающей среде [1]. Мониторинг популяции диких кабанов в Европе показывает стабильный рост численности и расширение ареала за последние десятилетия, что создает определенные сложности в управлении АЧС в пораженных инфекцией регионах [26]. Для стран Центральной Европы характерна высокая плотность популяции евразийского кабана, где она составляет 1,15–5,31 особи на 100 га [27, 28]. Известно, что плотность поголовья является одним из важных факторов, связанных с распространением АЧС среди диких кабанов, чем выше показатель, тем выше вероятность передачи возбудителя инфекции прямым контактным путем [29]. К примеру, в Польше было установлено, что случаи АЧС происходили в основном в районах с численностью диких кабанов более 1 особи на 1 км², хотя статистические и механистические модели не показали четкого и последовательного влияния плотности популяции диких кабанов на эпизоотию АЧС [1, 30]. Близость диких кабанов как к частным, так и к коммерческим фермам является фактором риска возникновения вспышек АЧС среди домашних свиней, что еще более актуально при сравнительно высокой численности диких кабанов [31]. Следовательно, для управления АЧС при проведении различных мероприятий необходимо владеть максимально достоверной информацией о численности и плотности популяции кабанов в каждом регионе. Однако получить данные, близкие к абсолютным, в действительности достаточно сложно. Эта проблема наиболее остро стоит в труднодоступных районах и на обширных территориях.

При изучении популяции дикого кабана в контексте АЧС важно учитывать особенности биологического поведения этого вида животных, сезонные и ландшафтные факторы, персистенция вируса в окружающей среде. В последнее время проводится достаточно много исследований по изучению различных факторов, влияющих в итоге на эффективный поиск диких кабанов, трупов и их останков. Успех поиска можно повысить, целенаправленно разыскивая предпочтительные места обитания как здоровых, так и инфицированных особей. Известно, что кабаны очень подвижны, укрываются среди непроходимой растительности и ведут преимущественно ночной образ жизни, наиболее активны они большую часть года поздним вечером (на закате солнца), в полночь и утренние часы на восходе солнца. Снижение активности при температуре выше 15 °C является их поведенческой реакцией, связанной с физиологическими особенностями. В лесу кабаны ведут себя менее активно, чем на открытых участках, в качестве безопасного места для отдыха они выбирают тростники в болотистой местности [32, 33]. Следует учитывать предпочтения диких кабанов, больных АЧС, в отношении мест, где они погибают. У таких животных изменяется поведение, они выбирают места уединения с достаточным укрытием, тишиной, прохладой, большим количеством воды, что связано с состоянием, вызванным инфекцией (угнетение, лихорадка, одышка) [34]. В проведенных исследованиях подавляющее большинство (71%) инфицированных туш было обнаружено в лесах, особенно в молодых лесных массивах, а также в местах, удаленных от дорог и населенных пунктов, в местах перехода от лесных массивов

¹ WOAH. African swine fever. <https://www.woah.org/en/disease/african-swine-fever/#ui-id-2>

к редколесью и кустарникам, вблизи троп, водоемов и лесных опушек с высокой травой [34, 35, 36]. Пространственно-временная кластеризация обнаруженных туш кабанов, положительных на АЧС, была наиболее заметна на расстоянии 2 км и в течение 1 нед. после регистрации вспышки [37]. Кроме того, при планировании мероприятий по поиску туш важно учитывать сезонные особенности распространения АЧС. В большинстве европейских стран у диких кабанов наблюдалась ярко выраженная сезонная динамика заболеваемости АЧС, которая повышалась зимой (декабрь – февраль) и достигала пика летом (июль). По данным отечественных ученых, вспышки АЧС среди диких кабанов, регистрировавшиеся в субъектах РФ с 2007 по 2022 г., также в большей степени приходились на ноябрь – декабрь и февраль с пиками в летние месяцы (июль – август) [38, 39].

Естественное поведение диких кабанов – рытье корней, катание по земле и изучение различных объектов – может быть фактором риска инфицирования при проживании их в зараженной вирусом окружающей среде. Рядом исследователей показано, что передача возбудителя АЧС в местах обитания кабанов может происходить не только при прямом контакте с инфицированными сородичами, но и при косвенном контакте с тушами, выделениями, почвой, водой, травой или сельскохозяйственными культурами [28, 40, 41], при этом физический контакт с тушами или почвой под ними представляет равный риск заражения вирусом АЧС [42]. Места разложения трупов и их останков (кости и кожа) остаются привлекательными для диких кабанов в течение длительного периода времени [40]. Процесс разложения туш зависит от сезона и может занимать от нескольких дней летом до нескольких месяцев зимой [43]. Дикие кабаны, павшие от АЧС, представляют собой постоянный источник инфекции для других животных, поскольку вирус обладает высокой устойчивостью к условиям окружающей среды и длительно сохраняется в различных органах, тканях и выделениях. Сообщалось, что в замороженной туше возбудитель АЧС может сохранять инфекционность в течение нескольких месяцев, это позволяет вирусу перезимовать и вызвать новую вспышку, когда весной восприимчивый дикий кабан наткнется на размороженные останки [37]. В исследовании, проведенном в Германии, было отмечено, что дикие кабаны рылись в местах разложения, обнюхивали туши сородичей и тыкались в них, а также грызли скелетированные кости, контакт происходил в ~ 30% всех посещений кабанови подобных мест, при этом животных особенно интересовала почва под тушами и вокруг них [8]. Позднее в Восточной Польше было определено, что более 50% случаев передачи инфекции были связаны с непрямым контактом с инфицированными тушами, которые способствуют персистенции вируса АЧС в популяциях кабанов [44]. В недавнем исследовании в Чехии с целью оценки привлекательности туш кабанов для их живых сородичей было проведено двухлетнее наблюдение с помощью фотоловушек. Оказалось, что количество посещений дикими кабанов участков с экспериментально расположенными тушами в течение года было более чем в пять раз выше по сравнению с контрольными участками (без туш). Кабаны относительно быстро находили размещенную тушу, в среднем за 2 дня весной и летом, 6 дней осенью и 8 дней зимой. Самые

ранние посещения были отмечены весной, когда процесс разложения сопровождался сильным запахом. Также было определено количество непосредственных контактов с тушей, которые варьировались в зависимости от сезона. Осенью непосредственный контакт наблюдался в 340 посещениях из 541 (62,8%), весной – 71,2%, летом – 74,5%. Наибольшее количество прямых контактов было зафиксировано зимой – 84,1% [33]. Эта информация имеет большое значение, так как инфицированные ткани (мышцы, кожа, подкожный жир) и органы разлагающихся туш могут быть источниками заражения АЧС в течение нескольких месяцев, особенно при низких температурах [9, 45]. Стабильность возбудителя в почве зависит от температуры, в экспериментальных условиях при +4 °С инфекционность вируса сохраняется до 112 дней [46], в почве под тушей – до 2 нед. [47, 48]. Отмечалось, что выживаемость вируса зависит от типа и pH почвы: в почве лесов и лугов он сохраняется в течение недели, в почве из болотистой местности – 3 дня, в песке – не менее 3 нед., а в кислых лесных почвах быстро погибает [49].

Дикие кабаны являются всеядными животными, так же, как и домашним свиньям, им свойственен каннибализм. В содержимом желудков диких кабанов обнаруживали ткани других животных, в том числе сородичей [50]. В исследовании J. Cukor et al. [51] прямой контакт дикого кабана с трупами наблюдали в 81% случаев, а каннибализм – в 9,8% от всех отмеченных посещений кабанов. Следовательно, преднамеренное или случайное употребление трупов (каннибализм) или инвазивный контакт с тушами (с зараженной кровью, тканями или биологическим материалом) можно рассматривать как решающие факторы в цепочке передачи вируса АЧС среди диких кабанов [52]. Кроме того, инфицированные туши также могут способствовать косвенному распространению вируса потенциальными векторами – членистоногими переносчиками [42], а также падальщиками. По сообщениям J. Rietz et al. [53], некоторые падальщики, в частности лисы, не потребляют туши кабанов на месте, но могут перемещать (разбрасывать) их останки на довольно большие расстояния за 6–10 дней. В 75% случаев части туши разбрасывают более чем на 400 м, максимально – на 1,2 км. Это стоит учитывать с точки зрения управления вспышкой АЧС в целях эффективного поиска туш. В то же время такие расстояния разброса останков делают наземный поиск, проводимый человеком, практически невозможным.

Таким образом, трупы диких кабанов и окружающая их почва являются резервуаром длительного сохранения вируса АЧС, и поэтому крайне важно проводить ранний, быстрый и эффективный поиск потенциально инфицированных туш, своевременно и безопасно удалять их из окружающей среды, чтобы свести к минимуму риск распространения болезни в популяции. При этом особое внимание следует уделять такой работе в эндемичных по АЧС районах, используя накопленные знания об особенностях поведения больных кабанов и факторах окружающей среды, которые повышают вероятность обнаружения трупов.

В рамках управления АЧС важно контролировать численность популяции дикого кабана в каждом регионе, поддерживая минимально возможную плотность [6]. Существующие методы учета численности животных основаны на их прямом пересчете при полевых наблюдениях невооруженным глазом или в бинокль, получении

изображений на месте в фиксированных точках с помощью фотоловушек, а также при отборе проб, съемке или анализе тех или иных косвенных свидетельств их жизнедеятельности [54, 55]. Методы различаются по охвату территории, способам подсчета, объектам учета, используемым техническим средствам и др. К примеру, широко применяемый метод зимнего маршрутного учета определяет зависимость между численностью особей на выбранной территории (линии маршрута), количеством следов (оставленных в течение одних суток) и длиной суточного хода особей (при условии подходящей толщины снежного покрова). Этот основной на сегодняшний день метод считается простым и универсальным в исполнении, отличается относительно невысокой стоимостью используемых технических средств, но мало подходит для учета животных, ведущих скрытый образ жизни [55]. Существующие недостатки традиционных методов учета диких животных (полный снежный покров, низкая точность, зависимость от погодных условий и др.) диктуют необходимость модернизации технологий мониторинга. Для получения достоверных данных о численности и миграции популяций животных целесообразнее использовать комбинированные методы. В настоящее время доказана эффективность одновременного использования нескольких методов со специализированным оборудованием, таким как фотоловушки, видео- или инфракрасные (ИК) камеры. Но, по мнению ряда исследователей, самым эффективным методом учета численности животных, по сравнению с полевыми методами, является авиационный мониторинг [19, 54, 55, 56].

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ В МОНИТОРИНГЕ ДИКОЙ ПРИРОДЫ

За последние несколько лет все большую популярность во всем мире стали набирать дистанционно пилотируемые авиационные системы – БПЛА. Система БПЛА включает три основных компонента: сам летательный аппарат (дрон), выполняющий задачи в воздухе; наземную станцию, где беспилотник взлетает и приземляется и где установлено оборудование для связи и управления им; оператора, который непосредственно управляет дроном во время полета. БПЛА обладают множеством преимуществ, которые делают их мощным инструментом для изучения дикой природы. Еще несколько лет назад получение данных о количестве животных в определенном пространстве и времени было достаточно сложной задачей из-за высокой стоимости использования самолетов и спутниковых снимков, а наземные съемки часто ограничивались доступностью объектов и размером исследуемых территорий [11]. Сегодня с помощью дронов можно во много раз упростить труд человека, сэкономить время и финансы. БПЛА можно успешно применять в труднодоступной местности и в сложных климатических условиях. Выбор БПЛА для мониторинга и оценки численности животных осуществляется исходя из его полезной нагрузки и установленных датчиков. В состав аппаратуры и программного обеспечения БПЛА могут входить датчики на основе машинного зрения или система ИИ. С помощью ИИ и нейронной сети можно не только вести учет численности животных, выявлять местоположение в реальном времени и составлять маршрут их движения и миграции, но и определять конкретный вид животного [17, 57]. Значительно расширяются воз-

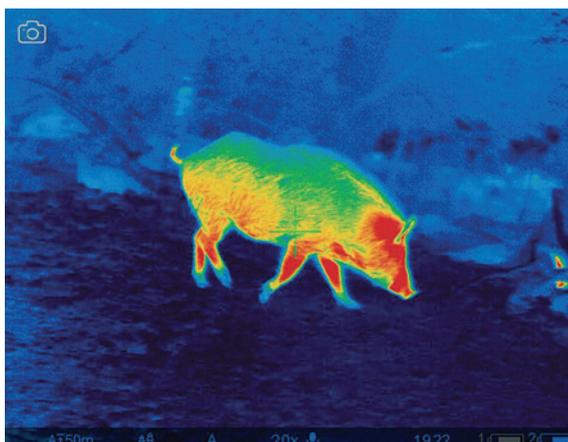


Рис. 1. Тепловое изображение дикого кабана (<https://pulsarvision.com/journal/calm-alert-hungry-getting-to-know-animals-through-thermal>)

Fig. 1. Thermal image of a wild boar (<https://pulsarvision.com/journal/calm-alert-hungry-getting-to-know-animals-through-thermal>)

можности БПЛА, оснащенных различной электронной аппаратурой, в состав которой входят цифровые датчики и камеры ночного, тепловизионного видения, средства связи, ориентирования и положения GPS/ГЛОНАСС (глобальные навигационные спутниковые системы, GNSS). Датчики на основе машинного зрения обеспечивают визуальное восприятие окружающей среды БПЛА, создавая изображение захваченной сцены, например, тепловизионная камера улавливает и регистрирует ИК-излучение, испускаемое окружающими объектами. Для БПЛА с фото- и тепловизионной камерой труднодоступных мест практически не существует. ИК-камера помогает различать живые объекты и объекты неживой природы, способно работать в течение всего дня и ночи независимо от факторов окружающей среды и обнаруживать объекты, которые не фиксируют обычные камеры, в том числе выявлять животных в темное время суток, а также скрытых плотным растительным покровом. В тепловых ИК-волнах животное выглядит как яркий объект при условии, что температура его тела выше, чем температура окружающей среды (с разницей до 30–40 °С). Тепловые изображения наилучшего качества получаются на восходе солнца, поздним вечером и ночью (рис. 1) [19, 54, 55, 57, 58].

В целом имеющийся функционал БПЛА показывает их потенциальную пригодность в поиске диких кабанов, туш и останков. Дроны способны медленно летать на малых высотах, обследовать без риска для человека территории, сложные для наземных исследований, например густые лесные массивы или водно-болотные угодья, а также фиксировать движущиеся и неподвижные объекты (рис. 2). Последнее важно при поиске как живых особей, находящихся в периоде покоя, так и трупов животных. Установлено, что для точного подсчета больших групп животных оптимальные снимки площади, охватываемой одним кадром, можно получить на высоте 150 м.

Относительно низкая стоимость и возможность взлета с небольшого пространства обеспечивают БПЛА преимущество над крупными пилотируемыми самолетами. К тому же дроны сравнительно тише последних, что уменьшает риск беспокойства животных шумом.



Рис. 2. Наблюдение за дикими кабаном с помощью дрона (изображение сгенерировано с помощью нейросети)

Fig. 2. Wild boar monitoring using drone technology (AI-generated image)

Данные подсчетов получаются более объективными, поскольку животные с меньшей вероятностью убегут и скроются [20]. В отношении поиска туш кабанов и их останков с помощью БПЛА стоит учесть данные экспериментов, показывающих, что кабанов особенно привлекают места с тушами сородичей [33]. Скопления живых особей на таких участках можно легко зафиксировать дронами и, следовательно, применять эти технологии в поиске останков. Кроме того, можно непосредственно находить останки с помощью тепловизионной съемки с БПЛА, фиксирующей тепловые сигнатуры, которые могут быть вызваны скоплениями личинок мух и/или жизнедеятельностью микроорга-



Рис. 3. Робот с обнимающими крыльями [62]

Fig. 3. Hugging-wing robot [62]

низмов, поедающих останки в процессе разложения трупов. Тепло, выделяемое питающимися личинками, можно обнаружить в периоды их пиковой активности с 6-го по 29-й день с начала распада трупа при температуре от 15 до 27 °С, когда численность популяции насекомых на останках максимальна. Оценка разрешения изображений, полученных на разных высотах полета, показала, что наибольший контраст между тепловым следом останков и фоном наблюдается на записях, сделанных в полдень на высоте 4 м над уровнем земли; высота 15 м оказалась оптимальной для баланса между скоростью охвата территории и эффективным обнаружением в течение длительного периода наблюдения, а на расстоянии более 30 м объект можно было не заметить. Все эти факторы следует учитывать при планировании полетов, чтобы в конечном счете максимально увеличить шансы на обнаружение останков [59, 60].

Системы БПЛА постоянно совершенствуются. Для обнаружения и распознавания объектов все более распространенной становится практика интеграции компьютерного зрения с системами дронов, открывая новые возможности и расширяя функционал БПЛА. С помощью компьютерного зрения дроны автономно обрабатывают визуальную информацию, идентифицируют объекты и принимают решения в зависимости от окружающей обстановки. Сегодня к передовым технологиям относят так называемые FPV-дроны (First Person View) с программным обеспечением (ПО) Betaflight и функцией передачи видео в режиме реального времени, которые позволяют получать пространственные данные с высокой скоростью и точностью и передавать видеосигнал на большие расстояния. FPV-дроны отличаются от обычных GPS-дронов меньшим размером и весом, что дает им возможность легко маневрировать и быстро перемещаться (скорость полетов может достигать 100 км/ч и более). Оснащение их камерами высокого разрешения и видеопередатчиками позволяет пользователю видеть изображение в режиме реального времени на специальных очках или мониторе, ощущать эффект собственного присутствия в воздушном пространстве и управлять движением дрона на расстоянии, при этом настраивая скорость, высоту и угол наклона аппарата для управления полетом по заданной местности. При мониторинге окружающей среды FPV-дроны, как и другие БПЛА, используются для сбора данных и изучения обширных, новых или труднодоступных территорий, обнаружения и отслеживания движущихся объектов, мест обитания диких животных и предоставления высококачественные изображения с привязкой к географическим координатам? [61]. Также одним из перспективных методов наблюдения за поведением диких животных и сбора данных об условиях среды их обитания может стать применение универсальных роботизированных систем, роботов с обнимающими крыльями, которые могут как парить в воздухе, так и прикрепляться к вертикальным опорам: стволам деревьев, столбам (рис. 3). Определить место посадки такого робота можно, используя автономную навигацию, с дальнего расстояния с точностью до нескольких метров [62].

При планировании работ с использованием БПЛА необходимо учитывать ряд аспектов, которые способны существенно повлиять на объем и качество

² <https://sky-space.ru/blog/fpv-dron>

получаемых данных. К ним можно отнести: низкое разрешение изображения камеры или сенсора, продолжительность заряда аккумулятора (от чего, следовательно, зависит дальность и площадь, охватываемые за один полет дрона), погодные условия (сильный ветер, дождь, снег), навыки управления и опыт оператора и др. [21]. Управление и обслуживание дронов требует специальной подготовки наземных операторов и соблюдения мер безопасности. В нашей стране применение любых БПЛА возможно только при наличии официальных документов и разрешений, полученных согласно нормативным актам, регламентирующим использование БПЛА в Российской Федерации.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ, СОБИРАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ

Традиционные методы включают использование и анализ обычных фотографий, но при визуальной обработке огромного массива фотоснимков в ручном режиме возрастает и трудоемкость, следовательно, может иметь место человеческий фактор (невнимательность, усталость и др.). Минимизировать данный недостаток можно, привлекая к работе нескольких специалистов или используя ПО, способное автоматически обрабатывать информацию [58]. Изображения, полученные с помощью датчиков, установленных на БПЛА, обычно объединяются в цифровую карту посредством специальных программ. Такую цифровую карту можно загрузить в ПО географической информационной системы (ГИС), которое определит географические координаты с помощью данных GPS, автоматически собираемых БПЛА во время полета. Если у БПЛА нет встроенного GPS, географические координаты можно получить вручную, ориентируясь на наземные контрольные точки (физические ориентиры с известными координатами). Обработка изображений на цифровой карте может выполняться вручную пользователем или автоматически с помощью ПО, которое классифицирует объекты. Цифровые файлы, связанные с изображениями, полученными с помощью дронов, могут быть очень большими (до 70 терабайт), особенно при высоком разрешении, необходимом для точного распознавания объектов [63]. На сегодняшний день для обработки массивов данных при мониторинге дикой природы отечественными и зарубежными исследователями используются различные программы [17, 58]. Longmore S. N. et al. [64] совместили ПО, применяемое в астрономии, с существующими алгоритмами МО для дешифрования тепловых снимков животных в автоматическом режиме, что способствовало эффективному обнаружению животных на изображениях. В настоящее время для идентификации разных видов животных в России разрабатывается до 30 программ, которые подсчитывают количество особей как на отдельном снимке, так и в их серии, ряд ПО позволяет одновременно обрабатывать тепловизионные снимки и видеоматериалы³ [55]. Например, ПО Thermal Infrared Object Finder (TIOF), разработанное на платформе Python, способно обрабатывать большое количество данных ИК изображений для определения конкретных животных [65].

³ <https://ru.rt.com/qo5p>

Одним из подходов, облегчающих обнаружение и подсчет особей при аэрофотосъемке, является применение конволюционных (сверточных) нейронных сетей (CNN). CNN представляют собой тип глубоких нейронных сетей, используемых для классификации и распознавания изображений, которые состоят из двух основных компонентов: выделение признаков и классификация. Целью выделения признаков является создание карт объектов, что осуществляется посредством процессов, называемых свертками. Модель CNN обычно состоит из трех основных типов слоев: сверточного, объединяющего и полностью связанного. Первые два выполняют извлечение признаков, а полностью связанный слой отображает извлеченные признаки и выполняет классификацию [17]. По сравнению с традиционными методами классификации модели глубокого обучения часто обеспечивают более высокую точность обработки при наличии больших выборок для обучения и тестирования модели, поэтому применение нейросетей позволяет создавать точные модели популяций животных, отслеживать миграционные пути, оценивать численность популяций [17]. Управление полетом на основе нейросетей расширяет возможности БПЛА. Нейронные сети способны обучаться на основе данных и адаптировать свое поведение к изменяющимся условиям полета и различным параметрам съемки в непредсказуемых условиях окружающей среды в реальном времени. Они могут объединять данные с различных датчиков, установленных на беспилотнике, для улучшения восприятия и ситуационной осведомленности, что дает дрону возможность принимать более обоснованные решения. Кроме того, нейронные сети позволяют БПЛА автономно перемещаться, лучше маневрировать и обходить препятствия во время полета, что особенно ценно при исследовании труднодоступных территорий. Нейросети могут оптимизировать траектории для дронов, что полезно в таких приложениях, как аэрофотосъемка или наблюдение, где для оптимального сбора данных необходимо следовать определенным траекториям [61]. Применение нейросетевых алгоритмов обеспечивает минимальное время для решения задач (от нескольких секунд до нескольких минут), но процесс обучения нейросети в совокупности может занимать десятки часов. При этом пользователь должен обладать навыками программирования в таких средах, как Python или Java, а компьютер, на котором будет осуществляться МО, должен быть оснащен соответствующим оборудованием [15].

Результаты практического использования ИИ для мониторинга животных показаны в ряде исследований и сообщениях, размещенных на интернет-ресурсах. Zhou M. et al. была изучена эффективность двух моделей глубоких нейросетей: CNN и глубоких остаточных сетей (ResNet) в классификации четырех видов животных: крупного рогатого скота (*Bos taurus*), лошадей (*Equus caballus*), канадских казарок (*Branta canadensis*) и белохвостых оленей (*Odocoileus virginianus*). Результаты показали, что видимых изображений, собранных на расстоянии 60 м или менее, достаточно для точной классификации, и что наиболее эффективным алгоритмом может быть модель ResNet с 18 слоями (ResNet 18), поскольку показатель общей точности при идентификации животных составил 99,18% [66]. В проведенном D. Marchowski эксперименте по учету популяций 33 видов водоплавающих птиц применение БПЛА

в сочетании с технологиями ИИ оказалось успешным в 96% из 343 случаев. Для автоматизированного подсчета использовались ПО ImageJ/Fiji и методы МО с алгоритмами нейронных сетей, такими как DenoSeg [15]. Krishnan B. S. et al. применили для МО подход объединения, который использует несколько пар тепловых и видимых изображений, полученных с дронов. Интересно, что для белохвостых оленей, которые обычно сливались с фоном и часто находились в тени на фотографиях, дополнительная информация с тепловизионных изображений улучшила обнаружение и классификацию вида с 15 до 85%. Было установлено, что объединение изображений в сочетании с двумя моделями глубоких нейросетей идеально подходит для съемки животных с покровительственной окраской [23]. Комбинируя изображения, полученные с высоты 75 и 120 м над уровнем земли, была обучена более быстрая CNN на основе регионов (Faster R-CNN) с использованием аннотированных изображений с метками «взрослый карибу», «теленочный карибу» и «призрачный карибу» (животные, перемещающиеся между изображениями и размывающие отдельные особи во время обработки фотограмметрических данных). Точность, прецизионность и повторяемость модели составили 80, 90 и 88% соответственно [17]. В национальном парке Хортобадь (Hortobágyi Nemzeti Park, Венгрия) технологии ИИ помогают в сохранении азиатских диких лошадей Пржевальского, находящихся под угрозой исчезновения. Исследователи используют дроны для мониторинга поведения стад лошадей. Полученные в высоком разрешении материалы обрабатывают на платформе Microsoft Azure и анализируют с помощью ИИ, который способен отличать лошадей от других животных⁴. В национальном парке «Земля леопарда» (Приморский край, Россия) были проведены первые испытания ПО, разработанного специалистами Московского физико-технического института в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов и экологии РФ. Программа позволяет распознавать дальневосточных леопардов, амурских тигров и других диких животных⁵. Также в России проводится тестирование системы распознавания диких животных с использованием ИИ, разработанной компанией NtechLab. На данный момент система интегрирована с видеоматериалами, содержащими изображения медведей, но в будущем планируется расширение функционала для распознавания других видов диких животных⁶. В настоящее время в ряде регионов России сотрудники Минприроды для поиска скоплений копытных животных уже проводят авиаучет с применением дронов и нейросети⁷.

В завершение стоит отметить, что в 2024 г. командой американских исследователей было создано хранилище изображений дикой природы (Aerial Wildlife Image Repository, AWIR), которое представляет собой динамичную интерактивную базу данных с аннотированными изображениями, полученными с помощью дронов с обычными и тепловизионными камерами. AWIR – это

первое хранилище с открытым доступом, позволяющее пользователям загружать, комментировать и куррировать изображения животных, полученные с помощью дронов. AWIR также предоставляет базовые наборы данных, которые пользователи могут загружать для обучения алгоритмов ИИ автоматическому обнаружению и классификации животных. Хранилище содержит 6587 объектов животного мира (преимущественно крупных птиц и млекопитающих), изображенных на 1325 видимых и тепловых снимках [67].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для предотвращения распространения АЧС среди диких кабанов и оценки риска возникновения заболевания необходима достоверная информация о численности и плотности популяции, а поиск туш животных является инструментом для раннего выявления АЧС. Сочетание современных БПЛА с нейросетевыми алгоритмами представляет собой высокоэффективный метод получения точной и оперативной информации о состоянии природной среды, что, в частности, открывает новые возможности в области мониторинга популяции диких кабанов. В эпоху активного развития ИИ и широкого применения БПЛА использование инновационных технологий в комбинации с традиционными методами, вероятно, будет способствовать не только повышению эффективности поиска как живых особей, так и туш диких кабанов, но и достоверности получаемых данных, что в целом может улучшить контроль за благополучием животных в рамках стратегий управления АЧС. Успешная реализация подобных подходов возможна при тесном сотрудничестве программистов, исследователей дикой природы и специалистов ветеринарной службы. Поскольку применение ИИ с системами БПЛА является развивающейся областью исследований диких животных, необходимо продолжать отслеживать совершенствование данных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. EFSA, Boklund A. E., Ståhl K., Miranda Chueca M. Á., Podgórski T., Vergne T., et al. Risk and protective factors for ASF in domestic pigs and wild boar in the EU, and mitigation measures for managing the disease in wild boar. *EFSA Journal*. 2024; 22 (12):e9095. <https://doi.org/10.2903/j.efa.2024.9095>
2. Pejsak Z., Trusczyński M., Niemczuk K., Kozak E., Markowska-Daniel I. Epidemiology of African swine fever in Poland since the detection of the first case. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2014; 17 (4): 665–672. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2014-0097>
3. Oļševskis E., Guberti V., Seržants M., Westergaard J., Gallardo C., Rodze I., Depner K. African swine fever virus introduction into the EU in 2014: Experience of Latvia. *Research in Veterinary Science*. 2016; 105: 28–30. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.01.006>
4. Nurmoja I., Schulz K., Staubach C., Sauter-Louis C., Depner K., Conraths F. J., Viltrop A. Development of African swine fever epidemic among wild boar in Estonia – two different areas in the epidemiological focus. *Scientific Reports*. 2017; 7:12562. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12952-w>
5. Sauter-Louis C., Forth J. H., Probst C., Staubach C., Hlinak A., Rudovsky A., et al. Joining the club: First detection of African swine fever in wild boar in Germany. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2021; 68 (4): 1744–1752. <https://doi.org/10.1111/tbed.13890>
6. Sauter-Louis C., Conraths F. J., Probst C., Blohm U., Schulz K., Sehl J., et al. African swine fever in wild boar in Europe – A review. *Viruses*. 2021; 13 (9):1717. <https://doi.org/10.3390/v13091717>
7. Chenais E., Ståhl K., Guberti V., Depner K. Identification of wild boar-habitat epidemiologic cycle in African swine fever epizootic. *Emerging Infectious Diseases*. 2018; 24 (4): 810–812. <https://doi.org/10.3201/eid2404.172127>
8. Probst C., Globig A., Knoll B., Conraths F. J., Depner K. Behaviour of free ranging wild boar towards their dead fellows: Potential implications for the transmission of African swine fever. *Royal Society Open Science*. 2017; 4 (5):170054. <https://doi.org/10.1098/rsos.170054>

⁴ <https://habr.com/ru/companies/microsoft/articles/567406>

⁵ https://www.mnr.gov.ru/press/news/uchyenyje_natsparka_zemlya_leoparda_v_primore_ispytali_iskusstvennyj_intellekt_dlya_raspoznaniya_ti/

⁶ https://360.ru/news/obschestvo/dikih-zhivotnyh-v-rossii-nachnut-otslezhivat-s-pomoschju-iskusstvennogo-intellekta-smi-2?from=inf_cards

⁷ <https://nsknews.info/materials/drony-i-neyroset-schitayut-dikikh-zverey-v-novosibirskoy-oblasti/>

9. Fischer M., Hühner J., Blome S., Conraths F. J., Probst C. Stability of African swine fever virus in carcasses of domestic pigs and wild boar experimentally infected with the ASFV "Estonia 2014" isolate. *Viruses*. 2020; 12 (10):1118. <https://doi.org/10.3390/v12101118>
10. EFSA Panel on Animal Health and Welfare. Scientific opinion on African swine fever. *EFSA Journal*. 2015; 13 (7):4163. <https://doi.org/10.2903/j.efa.2015.4163>
11. Gonzalez L. F., Montes G. A., Puig E., Johnson S., Mengersen K., Gaston K. J. Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*. 2016; 16 (1):97. <https://doi.org/10.3390/s16010097>
12. Schad L., Fischer J. Opportunities and risks in the use of drones for studying animal behavior. *Methods in Ecology and Evolution*. 2023; 14 (8): 1864–1872. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13922>
13. Petso T., Jamisola R. S. Jr. Wildlife conservation using drones and artificial intelligence in Africa. *Science Robotics*. 2023; 8 (85):eadm7008. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.adm7008>
14. Hodgson J. C., Baylis S. M., Mott R., Herrod A., Clarke R. H. Precision wildlife monitoring using unmanned aerial vehicles. *Scientific Reports*. 2016; 6:22574. <https://doi.org/10.1038/srep22574>
15. Marchowski D. Drones, automatic counting tools, and artificial neural networks in wildlife population censusing. *Ecology and Evolution*. 2021; 11 (22): 16214–16227. <https://doi.org/10.1002/ece3.8302>
16. Demmer C. R., Demmer S., McIntyre T. Drones as a tool to study and monitor endangered grey crowned cranes (*Balearica regulorum*): Behavioural responses and recommended guidelines. *Ecology and Evolution*. 2024; 4 (2):e10990. <https://doi.org/10.1002/ece3.10990>
17. Lenzi J., Barnas A. F., ElSaid A. A., Desell T., Rockwell R. F., Ellis-Fellege S. N. Artificial intelligence for automated detection of large mammals creates path to upscale drone surveys. *Scientific Reports*. 2023; 13:947. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28240-9>
18. Brickson L., Zhang L., Vollrath F., Douglas-Hamilton I., Titus A. J. Elephants and algorithms: a review of the current and future role of AI in elephant monitoring. *Journal of the Royal Society*. 2023; 20 (208):20230367. <https://doi.org/10.1098/rsif.2023.0367>
19. Witczuk J., Pagacz S., Zmarz A., Cypel M. Exploring the feasibility of unmanned aerial vehicles and thermal imaging for ungulate surveys in forests – preliminary results. *International Journal of Remote Sensing*. 2018; 39 (15–16): 5504–5521. <http://doi.org/10.1080/01431161.2017.1390621>
20. Linchant J., Lhoest S., Quevauvillers S., Lejeune P., Vermeulen C., Semeki Ngabinzeke J., et al. UAV imagery reveals new survey opportunities for counting hippos. *PLoS ONE*. 2018; 13 (11):e0206413. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206413>
21. Semel B. P., Karpanty S. M., Vololonirina F. F., Rakotonanahary A. N. Eyes in the sky: Assessing the feasibility of low-cost, ready-to-use unmanned aerial vehicles to monitor primate populations directly. *Folia Primatologica*. 2019; 91 (1): 69–82. <https://doi.org/10.1159/000496971>
22. Baldwin R. W., Beaver J. T., Messinger M., Muday J., Windsor M., Larsen G. D., et al. Camera trap methods and drone thermal surveillance provide reliable, comparable density estimates of large, free-ranging ungulates. *Animals*. 2023; 13 (11):1884. <https://doi.org/10.3390/ani13111884>
23. Krishnan B. S., Jones L. R., Elmore J. A., Samiappan S., Evans K. O., Pfeiffer M. B., et al. Fusion of visible and thermal images improves automated detection and classification of animals for drone surveys. *Scientific Reports*. 2023; 13:10385. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37295-7>
24. Corcoran E., Denman S., Hamilton G. Evaluating new technology for biodiversity monitoring: Are drone surveys biased? *Ecology and Evolution*. 2021; 11 (11): 6649–6656. <https://doi.org/10.1002/ece3.7518>
25. Hvala A., Rogers R. M., Alazab M., Campbell H. A. Supplementing aerial drone surveys with biotelemetry data validates wildlife detection probabilities. *Frontiers in Conservation Science*. 2023; 4:1203736. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2023.1203736>
26. Tack J. Wild boar (*Sus scrofa*) populations in Europe: A scientific review of population trends and implications for management. Brussels: European Landowners' Organization; 2018. 56 p. <https://wildbeimwild.com/wp-content/uploads/2023/08/12-Tack-J-Wild-Boar-Population-Trends-in-Europe-2018.pdf>
27. Carpio A. J., Apollonio M., Acevedo P. Wild ungulate overabundance in Europe: contexts, causes, monitoring and management recommendations. *Mammal Review*. 2021; 51 (1): 95–108. <https://doi.org/10.1111/mam.12221>
28. Chenais E., Depner K., Guberti V., Dietze K., Viltrop A., Ståhl K. Epidemiological considerations on African swine fever in Europe 2014–2018. *Porcine Health Management*. 2019; 5:6. <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0109-2>
29. Podgórski T., Borowik T., Łyjak M., Woźniakowski G. Spatial epidemiology of African swine fever: Host, landscape and anthropogenic drivers of disease occurrence in wild boar. *Preventive Veterinary Medicine*. 2020; 177:104691. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104691>
30. Śmietanka K., Woźniakowski G., Kozak E., Niemczuk K., Frączyk M., Bocian Ł., et al. African swine fever epidemic, Poland, 2014–2015. *Emerging Infectious Diseases*. 2016; 22 (7): 1201–1207. <https://doi.org/10.3201/eid2207.151708>
31. Boklund A., Dholander S., Chesnoiu Vasile T., Abrahantes J. C., Bötner A., Gogin A., et al. Risk factors for African swine fever incursion in Romanian domestic farms during 2019. *Scientific Reports*. 2020; 10:10215. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66381-3>
32. Johann F., Handschuh M., Linderoth P., Dormann C. F., Arnold J. Adaptation of wild boar (*Sus scrofa*) activity in a human-dominated landscape. *BMC Ecology*. 2020; 20:4. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0271-7>
33. Cukor J., Faltusová M., Vacek Z., Linda R., Skoták V., Václavěk P., et al. Wild boar carcasses in the center of boar activity: crucial risks of ASF transmission. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024; 11:1497361. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1497361>
34. Morelle K., Jezek M., Licoppe A., Podgórski T. Deathbed choice by ASF-infected wild boar can help find carcasses. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019; 66 (5): 1821–1826. <https://doi.org/10.1111/tbed.13267>
35. Cukor J., Linda R., Václavěk P., Šatrný P., Mahlerová K., Vacek Z., et al. Wild boar deathbed choice in relation to ASF: Are there any differences between positive and negative carcasses? *Preventive Veterinary Medicine*. 2020; 177:104943. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.104943>
36. Rogoll L., Schulz K., Staubach C., Oļševskis E., Seržants M., Lamberga K., et al. Identification of predilection sites for wild boar carcass search based on spatial analysis of Latvian ASF surveillance data. *Scientific Reports*. 2024; 14:382. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50477-7>
37. Allepuz A., Hovari M., Masiulis M., Ciaravino G., Beltrán-Alcrudo D. Targeting the search of African swine fever-infected wild boar carcasses: A tool for early detection. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (5): e1682–e1692. <https://doi.org/10.1111/tbed.14504>
38. Coelho I. M. P., Paiva M. T., da Costa A. J. A., Nicolino R. R. African swine fever: spread and seasonal patterns worldwide. *Preventive Veterinary Medicine*. 2025; 235:106401. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106401>
39. Захарова О. И., Блохин А. А., Бузова О. А., Яшин И. В., Коренной Ф. И. Факторы риска распространения африканской чумы свиней среди диких кабанов в Российской Федерации. *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (1): 64–72. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-1-64-72>
- Zakharova O. I., Blokhin A. A., Burova O. A., Yashin I. V., Korennoy F. I. Risk factors for African swine fever spread in wild boar in the Russian Federation. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (1): 64–72. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-1-64-72>
40. Probst C., Gethmann J., Amler S., Globig A., Knoll B., Conraths F. J. The potential role of scavengers in spreading African swine fever among wild boar. *Scientific Reports*. 2019; 9:11450. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47623-5>
41. Nuanualsuwan S., Songkasupa T., Boonpornprasert P., Suwankitwat N., Lohlamoh W., Nuengjamnong C. Persistence of African swine fever virus on porous and non-porous fomites at environmental temperatures. *Porcine Health Management*. 2022; 8:34. <https://doi.org/10.1186/s40813-022-00277-8>
42. Tummelleht L., Häkkä S. S. S., Jürison M., Vilem A., Nurmoja I., Viltrop A. Wild boar (*Sus scrofa*) carcasses as an attraction for scavengers and a potential source for soil contamination with the African swine fever virus. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024; 11:1305643. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1305643>
43. Probst C., Gethmann J., Amendt J., Lutz L., Teifke J. P., Conraths F. J. Estimating the postmortem interval of wild boar carcasses. *Veterinary Sciences*. 2020; 7 (1):6. <https://doi.org/10.3390/vetsci7010006>
44. Pepin K. M., Golnar A. J., Abdo Z., Podgórski T. Ecological drivers of African swine fever virus persistence in wild boar populations: insight for control. *Ecology and Evolution*. 2020; 10 (6): 2846–2859. <https://doi.org/10.1002/ece3.6100>
45. Davies K., Goatley L. C., Guinat C., Netherton C. L., Gubbins S., Dixon L. K., Reis A. L. Survival of African swine fever virus in excretions from pigs experimentally infected with the Georgia 2007/1 isolate. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017; 64 (2): 425–431. <https://doi.org/10.1111/tbed.12381>
46. Prodelalova J., Kavanova L., Salat J., Moutelikova R., Kobzova S., Krasna M., et al. Experimental evidence of the long-term survival of infective African swine fever virus strain Ba71V in soil under different conditions. *Pathogens*. 2022; 11 (6):648. <https://doi.org/10.3390/pathogens11060648>
47. Carlson J., Fischer M., Zani L., Eschbaumer M., Fuchs W., Mettenleiter T., et al. Stability of African swine fever virus in soil and options to mitigate the potential transmission risk. *Pathogens*. 2020; 9 (11):977. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110977>
48. Mazur-Panasiuk N., Woźniakowski G. Natural inactivation of African swine fever virus in tissues: Influence of temperature and environmental conditions on virus survival. *Veterinary Microbiology*. 2020; 242:108609. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108609>

49. Блохин А. А., Бузова О. А., Торопова Н. Н., Захарова О. И., Яшин И. В., Коренной Ф. И. Мониторинг АЧС в дикой фауне: сохранность вируса в останках кабанов и методы дезинфекции (обзор литературы). *Ветеринария*. 2022; (3): 14–21. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.3.14-21>
- Blokhin A. A., Burova O. A., Toropova N. N., Zakharova O. I., Iashin I. V., Korennoy F. I. Monitoring ASF in wildlife: virus survival in wild boar carcasses and disinfection methods (review). *Veterinariya*. 2022; (3): 14–21. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.3.14-21> (in Russ.)
50. Merta D., Mocała P., Pomykacz M., Frąckowiak W. Autumn-winter diet and fat reserves of wild boars (*Sus scrofa*) inhabiting forest and forest-farm-land environment in south-western Poland. *Folia Zoologica*. 2014; 63 (2): 95–102. <https://doi.org/10.25225/fozo.v63.i2.a7.2014>
51. Cukor J., Linda R., Václavěk P., Mahlerová K., Šatrán P., Havránek F. Confirmed cannibalism in wild boar and its possible role in African swine fever transmission. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2020; 67 (3): 1068–1073. <https://doi.org/10.1111/tbed.13468>
52. Sánchez-Cordón P. J., Lean F. Z. X., Batten C., Steinbach F., Neimanis A., Le Potier M. F., et al. Comparative evaluation of disease dynamics in wild boar and domestic pigs experimentally inoculated intranasally with the European highly virulent African swine fever virus genotype II strain "Armenia 2007". *Veterinary Research*. 2024; 55:89. <https://doi.org/10.1186/s13567-024-01343-5>
53. Rietz J., Ischebeck S., Conraths F. J., Probst C., Zedrosser A., Fiederer C., et al. Scavenger-induced scattering of wild boar carcasses over large distances and its implications for disease management. *Journal of Environmental Management*. 2024; 365:121554. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121554>
54. Hyun C.-U., Park M., Lee W. Y. Remotely piloted aircraft system (RPAS)-based wildlife detection: a review and case studies in maritime Antarctica. *Animals*. 2020; 10 (12):2387. <https://doi.org/10.3390/ani10122387>
55. Просеков А. Ю. Характеристика и ключевые ограничения традиционных методов учета охотничьих животных и цифровые технологии для решения существующих проблем (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020; 21 (4): 341–354. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.341-354>
- Prosekov A. Yu. Characteristics and key limitations of traditional methods for accounting hunting animals and digital technologies for solving the existing problems (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020; 21 (4): 341–354. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.341-354> (in Russ.)
56. Prosekov A., Kuznetsov A., Rada A., Ivanova S. Methods for monitoring large terrestrial animals in the wild. *Forests*. 2020; 11 (8):808. <https://doi.org/10.3390/f11080808>
57. Tubis A. A., Poturaj H., Dereń K., Żurek A. Risks of drone use in light of literature studies. *Sensors*. 2024; 24 (4):1205. <https://doi.org/10.3390/s24041205>
58. Ivanova S., Prosekov A. Hunting resource management by population size control by remote sensing using an unmanned aerial vehicle. *Nature Environment and Pollution Technology*. 2024; 23 (1): 391–399. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i01.033>
59. Lee M. J., Voss S. C., Franklin D., Dadour I. R. Preliminary investigation of aircraft mounted thermal imaging to locate decomposing remains via the heat produced by larval aggregations. *Forensic Science International*. 2018; 289: 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.foresint.2018.05.028>
60. Butters O., Krosch M. N., Roberts M., MacGregor D. Application of forward-looking infrared (FLIR) imaging from an unmanned aerial platform in the search for decomposing remains. *Journal of Forensic Sciences*. 2021; 66 (1): 347–355. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14581>
61. Peksa J., Mamchur D. A review on the state of the art in copter drones and flight control systems. *Sensors*. 2024; 24 (11):3349. <https://doi.org/10.3390/s24113349>
62. Askari M., Benciolini M., Phan H. V., Stewart W., Ijspeert A. J., Floreano D. Crash-perching on vertical poles with a hugging-wing robot. *Communications Engineering*. 2024; 3:98. <https://doi.org/10.1038/s44172-024-00241-0>
63. Mechan F., Bartonicek Z., Malone D., Lees R. S. Unmanned aerial vehicles for surveillance and control of vectors of malaria and other vector-borne diseases. *Malaria Journal*. 2023; 22:23. <https://doi.org/10.1186/s12936-022-04414-0>
64. Longmore S. N., Collins R. P., Pfeiffer S., Fox S. E., Mulero-Pázmány M., Bezombes F., et al. Adapting astronomical source detection software to help detect animals in thermal images obtained by unmanned aerial systems. *International Journal of Remote Sensing*. 2017; 38 (8–10): 2623–2638. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1280639>
65. Prosekov A., Vesnina A., Atuchin V., Kuznetsov A. Robust algorithms for drone-assisted monitoring of big animals in harsh conditions of Siberian winter forests: recovery of European elk (*Alces alces*) in Salair mountains. *Animals*. 2022; 12 (12):1483. <https://doi.org/10.3390/ani12121483>
66. Zhou M., Elmore J. A., Samiappan S., Evans K. O., Pfeiffer M. B., Blackwell B. F., Iglay R. B. Improving animal monitoring using small unmanned aircraft systems (sUAS) and deep learning networks. *Sensors*. 2021; 21 (17):5697. <https://doi.org/10.3390/s21175697>
67. Samiappan S., Krishnan B. S., Dehart D., Jones L. R., Elmore J. A., Evans K. O., Iglay R. B. Aerial wildlife image repository for animal monitoring with drones in the age of artificial intelligence. *Database*. 2024; 2024:baae070. <https://doi.org/10.1093/database/baae070>

Поступила в редакцию / Received 28.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 08.04.2025

Принята к публикации / Accepted 05.05.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Беспалова Татьяна Юрьевна, заместитель руководителя группы, СамНИВИ – филиал ФГБНУ ФИЦВиМ, г. Самара, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-0264-0218>, 27bt@mail.ru

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

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

Tatiana Yu. Bepalova, Deputy Head of Group, Samara Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Samara, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0264-0218>, 27bt@mail.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

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>, tatyamihaleva@mail.ru

Вклад авторов: Авторы внесли равный вклад на всех этапах работы и написания статьи.

Contribution of the authors: All authors contributed equally to this work at all stages as well as to paper text writing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-133-139>
УДК 619:616.98:578.831.31(048)

Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота: особенности клинического проявления, патогенеза и молекулярной эпизоотологии (обзор)

С. В. Котенева, А. Г. Глотов, Т. И. Глотова, А. В. Нефедченко

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

РЕЗЮМЕ

Введение. Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота широко распространена во всех странах мира, в том числе и в Российской Федерации. Этиологический агент – *Orthopneumovirus bovis*, относящийся к семейству *Pneumoviridae*, роду *Orthopneumovirus*. Крупный рогатый скот – основной резервуар вируса.

Цель исследования. Целью данного обзора литературы являлось обобщение и анализ опубликованных данных об особенностях клинического проявления, патогенеза и молекулярной эпизоотологии возбудителя респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Информационной базой для проведения исследования служили публикации из наиболее авторитетных отечественных (eLIBRARY.RU) и иностранных (Web of Science, Scopus, PubMed) источников, а также результаты собственных исследований, опубликованных в литературе.

Результаты. Заболеванию подвержены животные всех возрастов, наиболее тяжело протекает инфекция у телят в возрасте до 6 месяцев. Заболеваемость поголовья составляет в среднем 60–80%. Характер течения инфекции варьирует от бессимптомного и легкого до тяжелого заболевания нижних дыхательных путей, включая эмфизему, отек легкого, интерстициальную пневмонию и бронхопневмонию, при этом уровень смертности среди телят может достигать 20%, а у взрослых животных чаще регистрируют субклиническую форму. Вирус оказывает мощное иммуномодулирующее действие. Тяжелые повреждения дыхательных путей опосредованы в основном гиперактивностью иммунного ответа, а не самой репликацией вируса. Вирус повышает восприимчивость телят к вторичным инфекциям и способствует колонизации нижних дыхательных путей бактериями. В настоящее время с помощью филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей генов G и N выявлено десять генетических подгрупп вируса (I–X), между которыми существует географическая корреляция. В таких регионах, как Урал, Сибирь, а также в Республике Казахстан среди крупного рогатого скота циркулируют изоляты вируса генетических подгрупп II и III.

Заключение. В обзоре представлены актуальные данные об этиологии, особенностях патогенеза и клинического проявления респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота, а также генетическом разнообразии возбудителя в мире, Российской Федерации и Республике Казахстан.

Ключевые слова: обзор, респираторно-синцитиальная инфекция, BRSV, крупный рогатый скот, патогенез, молекулярная эпизоотология

Благодарности: Исследование выполнено за счет бюджетных средств в рамках выполнения государственного задания № 0533-2021-0018 (СФНЦА РАН).

Для цитирования: Котенева С. В., Глотов А. Г., Глотова Т. И., Нефедченко А. В. Респираторно-синцитиальная инфекция крупного рогатого скота: особенности клинического проявления, патогенеза и молекулярной эпизоотологии (обзор). *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 133–139. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-133-139>

Конфликт интересов: Глотов А. Г. является членом редколлегии журнала «Ветеринария сегодня» с 2020 г., но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Рукопись прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Для корреспонденции: Глотова Татьяна Ивановна, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биотехнологии – диагностический центр ИЭВСидВ СФНЦА РАН, р. п. Краснообск, 630501, Новосибирская область, Россия, t-glotova@mail.ru

Bovine respiratory syncytial virus infection: clinical manifestations, pathogenesis and molecular epidemiology (review)

Svetlana V. Koteneva, Alexander G. Glotov, Tatyana I. Glotova, Aleksey V. Nefedchenko

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

ABSTRACT

Introduction. Bovine respiratory syncytial infection is widespread in all countries of the world, including the Russian Federation. The etiologic agent is *Orthopneumovirus bovis*, it belongs to the family *Pneumoviridae*, genus *Orthopneumovirus*. Cattle are the main reservoir of the virus.

© Котенева С. В., Глотов А. Г., Глотова Т. И., Нефедченко А. В., 2025

Objective. This literature review aims to summarize and give analysis of the published data on clinical manifestations, pathogenesis and molecular epidemiology of the causative agent of bovine respiratory syncytial infection.

Materials and methods. The study is based on publications from the most authoritative domestic (eLIBRARY.RU) and foreign (Web of Science, Scopus, PubMed) sources, as well as the results of our own studies published in the literature.

Results. Animals of all ages are susceptible to the disease, the infection is most severe in calves under 6 months of age. The incidence of the herd is on average 60–80%. The nature of the infection varies from asymptomatic and mild to severe lower respiratory tract disease, including emphysema, pulmonary edema, interstitial pneumonia and bronchopneumonia, while the mortality rate among calves can reach 20%, and in adult animals the subclinical form is more often recorded. The virus has a powerful immunomodulatory effect. Severe damage to the respiratory tract is mediated mainly by hyperactivity of the immune response, and not by the replication of the virus itself. The virus increases the susceptibility of calves to secondary infections and promotes colonization of the lower respiratory tract by bacteria. Currently, ten genetic subgroups of the virus (I–X) have been identified using phylogenetic analysis of the nucleotide sequences of the G and N genes, between which there is a geographical correlation. In regions such as the Urals, Siberia, and the Republic of Kazakhstan, isolates of the virus of genetic subgroups II and III circulate among cattle.

Conclusion. The review presents current data on the etiology, pathogenesis features and clinical manifestations of bovine respiratory syncytial infection, as well as the genetic diversity of the pathogen in the world, in the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan.

Keywords: review, respiratory syncytial infection, BRSV, cattle, pathogenesis, molecular epidemiology

Acknowledgements: The study was funded from the budget as part of the fulfillment of state task No. 0533-2021-0018 (Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, Russian Academy of Sciences).

For citation: Koteneva S. V., Glotov A. G., Glotova T. I., Nefedchenko A. V. Bovine respiratory syncytial virus infection: clinical manifestations, pathogenesis and molecular epidemiology (review). *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 133–139. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-133-139>

Conflict of interests: Glotov A. G. is a member of the editorial board of the “Veterinary Science Today” journal since 2020, 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: Tatyana I. Glotova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Biotechnology – Diagnostic Center, 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, t-glotova@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Респираторно-синцициальная инфекция крупного рогатого скота (РСИ КРС) – контагиозная, остро протекающая вирусная болезнь, характеризующаяся поражением органов дыхания, преимущественно нижних отделов, у крупного рогатого скота. В структуре инфекционной патологии респираторного тракта РСИ КРС занимает одно из ведущих мест [1, 2, 3, 4].

Согласно современной классификации возбудитель инфекции – *Orthopneumovirus bovis* (прежнее название Bovine respiratory syncytial virus, BRSV) – относится к семейству *Pneumoviridae*, роду *Orthopneumovirus* [5]. Далее по тексту будет приведено историческое название вируса (BRSV), чтобы сохранить согласованность с источниками литературы.

В 1969 г. BRSV был впервые выделен от телят во время вспышки тяжелого респираторного заболевания в Швейцарии. Несколько исследований в начале 1980-х гг. и позже подтвердили, что вирус является энзоотичным для популяции телят по всему миру. По данным L. E. Larsen, агент обладает самым высоким патогенным потенциалом среди всех циркулирующих у крупного рогатого скота вирусов [6].

Родственным BRSV является респираторно-синцициальный вирус человека (HRSV), они имеют общие эпидемиологические, клинические и патологические характеристики [7].

Крупный рогатый скот – естественный хозяин и резервуар BRSV, однако, возможно, мелкие жвачные животные также играют роль в передаче вируса [8]. Наличие инфекционного вируса или антител к нему было также зафиксировано у овец, коз, альпийских серн, бизонов, верблюдовых [9, 10, 11].

Респираторно-синцициальная инфекция крупного рогатого скота имеет широкое географическое распространение и регистрируется во многих странах на всех континентах [12, 13, 14]. Передача вируса происходит воздушно-капельным путем. Уровень серопревалентности сильно различается в разных географических регионах и в среднем составляет 30–70%, но может достигать и 100% [1, 15].

В нашей стране BRSV регистрируется с 1975 г. [16]. По данным отечественных источников литературы, в 16 регионах Российской Федерации при ретроспективных исследованиях сероконверсию к вирусу, свидетельствующую о его роли в возникновении респираторной патологии, выявляли у телят разных возрастных групп: 1 мес. – в 4,0% случаев; 3–4 мес. – в 37,5%; 4–6 мес. – в 52,6%; 7–9 мес. – в 50,0% случаев [17]. В хозяйствах Сибири серопозитивность животных к BRSV составляет в среднем 20–70% [18]. В недавно проведенном анализе проб биоматериала из 8 регионов Уральского и Сибирского федеральных округов РФ, а также Республики Казахстан, отобранных от животных при массовых вспышках острых респираторных заболеваний, геном BRSV выявили в 20,0 и 14,3% случаев у коров и нетелей соответственно. Кроме того, вирус был обнаружен в 3,05% проб от телят до 1 мес. и в 6,7% проб от телят в возрасте 1–6 мес. [19].

Уровень заболеваемости РСИ КРС колеблется от 60 до 80%, а смертность при тяжелом течении болезни у телят доходит до 20% [20]. Существует сезонная периодичность с самой высокой заболеваемостью в течение зимнего периода. Особенностью BRSV является его способность заражать хозяина даже при наличии

вируснейтрализующих антител и вызывать повторные инфекции на протяжении всей жизни животного [21].

Вирус может инфицировать крупный рогатый скот всех возрастов и пород, при этом самая высокая частота развития тяжелого заболевания наблюдается у телят в возрасте от 1 до 6 мес. Среди взрослого скота вспышки инфекции происходят при заносе возбудителя в неиммунное стадо или реинфицировании. Более высокая устойчивость к вирусу у взрослых животных, по сравнению с телятами, может быть связана с уровнем специфического иммунитета после частого воздействия возбудителя. Клинические признаки обычно наблюдаются у крупного рогатого скота всех возрастов, когда BRSV вводится в неиммунное стадо, и регистрируются только у телят, когда вирус регулярно циркулирует в стаде [22].

Факторы риска, влияющие на распространенность инфекции, включают возраст животного, размер стада, концентрацию животных на единицу площади, ввоз новых животных, сезонность, высокую молочную продуктивность, снижение естественной резистентности животных, зоотехнические факторы [23]. Но даже в стадах с отличными условиями содержания возникают серьезные вспышки, что позволяет предположить, что BRSV может вызывать заболевание без предрасполагающих факторов окружающей среды [24].

Механизмы, отвечающие за выживание вируса в популяции крупного рогатого скота, изучены не в полной мере. Клинически больные животные считаются наиболее вероятными источниками инфекции, и поэтому наиболее подходящим объяснением рецидивирующих заболеваний является повторное введение вируса в стадо до возникновения новой вспышки. BRSV может быть выделен от бессимптомных носителей, в организме которых он способен сохраняться в течение нескольких месяцев, приводя к возникновению латентной формы инфекции внутри стад, что может служить объяснением возникновению вспышек среди содержащихся относительно изолированно телят. Вирус может циркулировать на очень низком уровне и среди серопозитивных коров, у которых он периодически реактивируется [1].

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРУСНОГО ГЕНОМА

Orthopneumovirus bovis – оболочечный вирус, содержащий одноцепочечную отрицательную РНК длиной около 15 000 п. н. [1]. Вирионы могут быть сферическими, но обычно представляют собой нитевидные или плеоморфные структуры диаметром около 200 нм. Геном вируса кодирует девять структурных белков и два неструктурных белка. Структурные белки включают три оболочечных гликопротеина (F, G и SH), нуклеокапсидные белки (N, P и L), нуклеокапсид-ассоциированные белки (M2–1 и M2–2) и матричный белок (M) [25].

Белок G отвечает за связывание вируса с клеткой, а белок F – за его проникновение в клетку, распространение в организме хозяина и образование характерных синцитиев [21].

Белок F участвует в иммунном ответе, стимулируя выработку вируснейтрализующих антител, и способствует проникновению вирусных частиц в клетку-хозяина, а также опосредует слияние инфицированных клеток с образованием синцитиев – многоядерных гигантских клеток. Белок G в основном участвует в связывании рецепторов и процессе адсорбции [12]. Гены F

и G играют важную роль в вирусной инфекционности и являются основными мишенями иммунной системы [6, 20]. Ген F высококонсервативен, и его вариация нуклеотидной последовательности ниже среди изолятов BRSV по сравнению с геном G [26]. Благодаря своей высокой генетической изменчивости ген G может быть использован для эволюционного анализа штаммов вируса [7].

Белок SH – короткий интегральный мембранный белок. Он играет важную роль в ингибировании апоптоза во время инфекции, способствуя репликации вируса. Этот белок не является необходимым для репликации вируса, но участвует в уклонении от иммунного ответа хозяина [27].

Нуклеопротеин (N) играет важную роль в транскрипции и репликации вируса, выступая в качестве каркаса для сборки комплекса рибонуклеопротеина. Он может экспрессироваться на поверхности инфицированных клеток на ранних стадиях цикла репликации вируса [28].

Фосфопротеин (P) действует как фактор регуляции для вирусной транскрипции и репликации. Полимераза L является РНК-зависимой РНК-полимеразой и отвечает за вирусную транскрипцию и репликацию [20].

Белок M расположен на внутренней поверхности вирусной оболочки и участвует в сборке вирионов. В отличие от других вирусных мРНК, мРНК M2 транслируется в два разных белка, а именно M2–1 и M2–2, посредством механизма повторной инициации, зависящего от терминации рибосомы. Продукты гена M2 – M2–1 и M2–2 – являются основными регуляторными белками, которые модулируют цикл репликации BRSV. M2–1 интегрирует рибонуклеопротеиновый комплекс, который опосредует транскрипцию вирусных мРНК, а белок M2–2 регулирует переключение от транскрипции к процессу репликации [28].

Неструктурные белки NS1 и NS2 участвуют в модуляции врожденного иммунного ответа на ранних стадиях цикла репликации вируса, нарушая индукцию/сигнализацию интерферонов, созревание дендритных клеток и активацию Т-лимфоцитов. Кроме того, NS1 и NS2 связаны с ингибированием апоптоза, тем самым способствуя продлению жизни инфицированной клетки и увеличивая выход вируса [28].

В настоящее время BRSV подразделяется на четыре антигенные подгруппы (A, B, AB, нетипируемая) [1] и десять генетических подгрупп [7, 26, 29].

ПАТОГЕНЕЗ

Orthopneumovirus bovis обладает цитопатическим эффектом в культурах клеток и способен вызывать значительное повреждение бронхиального эпителия *in vivo*. Вирус инфицирует эпителиальные клетки верхних дыхательных путей, а затем быстро распространяется путем межклеточной передачи в нижние отделы и реплицируется в бронхиолах [30]. Реснитчатые клетки в эпителии бронхов и пневмоциты типа I в альвеолах являются основными клетками, которые поражает BRSV [31]. Также сообщалось, что BRSV в культурах *in vitro* инфицирует интраэпителиальные дендритные клетки и базальные эпителиальные клетки проводящих дыхательных путей [32]. Таким образом, в дыхательных путях для BRSV имеется широкий спектр клеток-мишеней, которые способствуют его репликации и распространению в организме.

Прямые патологические последствия литической репликации вируса включают отторжение некротизированных эпителиальных клеток, что приводит к цилиостазу и ухудшению мукоцилиарного клиренса, накоплению экссудата в бронхиолах и альвеолах. Первоначальный приток полиморфноядерных нейтрофилов в дыхательные пути быстро заменяется преимущественно лимфомононуклеарной инфильтрацией перибронхиолярных тканей и повышенной проницаемостью микрососудов, в результате чего возникает отек подслизистой оболочки. Из-за потери мерцательного эпителия увеличивается количество и вязкость слизистых выделений. Бронхиолит, сопровождающийся воспалением, некрозом и обструкцией бронхиол, приводит к сужению дыхательных путей, нарушению воздушного потока и респираторному дистрессу. Уплотнение легких происходит из-за накопления воспалительных клеток и жидкости в альвеолах и бронхиолах, что ведет к дополнительному респираторному дистрессу и консолидации легкого. Интерстициальная пневмония – еще одно распространенное патологическое явление, также возникает из-за воспаления и утолщения интерстициальной ткани легких. В тяжелых случаях вирус может вызвать бронхиолярную обструкцию и альвеолярное повреждение, что ставит под угрозу общую дыхательную функцию теленка [25, 30].

Тяжесть и продолжительность заболевания в первую очередь зависят от иммунного ответа хозяина, а не от репликации вируса. Врожденные иммунные механизмы обеспечивают дыхательные пути первым барьером против установления продуктивной инфекции. Впоследствии специфический гуморальный и клеточный иммунитет играют решающую роль в устранении инфекции и смягчении ее течения [30]. Установлено, что тяжелое заболевание РСИ КРС начинается при низкой вирусной нагрузке или после элиминации вируса и связано с гиперреактивным иммунным ответом [33]. Обнаружение гиалиновых мембран и эозинофилов в каудальных областях легких, даже в тех участках, где вирус не был выявлен, также подтверждает роль иммуноопосредованных патологических процессов в патогенезе РСИ КРС [6].

Течение инфекции и характер иммунного ответа во многом определяются типом цитокиновой регуляции. Вирус использует различные стратегии для сдерживания врожденных и адаптивных иммунных ответов, которые оказывают пагубное воздействие на иммунологическую память. Функция дендритных клеток во время инфекции нарушается, что приводит к несбалансированным адаптивным иммунным ответам: активность Т-хелперов (Th) 1-го типа задерживается или подавляется и стимулируется экспрессия цитокинов Th2 [25].

Th1-опосредованный иммунный ответ включает выработку интерферонов (IFN) типа I, в частности IFN- α и IFN- β , которые играют решающую роль в ингибировании репликации и распространения BRSV. Далее активируются различные защитные механизмы, включая экспрессию противовирусных белков, чтобы помешать репликации и распространению вируса. Помимо IFN типа I, врожденные иммунные клетки выделяют провоспалительные цитокины и медиаторы, такие как интерлейкин-1 (IL-1), интерлейкин-6 (IL-6) и фактор некроза опухоли- α (TNF- α), которые способствуют воспалению и привлечению иммунных клеток к месту инфекции, а также опосредуют системные клинические признаки РСИ КРС.

Тяжелая инфекция связана с модуляцией Th2-иммунного ответа с повышенной экспрессией цитокинов, стимулирующих Th2, и повышенной концентрацией специфических для BRSV IgE-антител в лимфатической жидкости [34]. Особенности патогенеза тяжелой BRSV-инфекции у телят включают быструю инфильтрацию нейтрофилов, чрезмерное образование слизи, задержку реакции Т-клеток, экспрессию цитокинов IL-4, IL-5, IL-10, IL-13 и IL-17 [28, 35, 36].

Белки NS1 и NS2 являются основными участниками иммуносупрессии, ингибируя ответ IFN типа I и других компонентов иммунной системы [33], в результате чего у животных снижается противовирусный иммунитет и фагоцитарная активность в легких, что способствует развитию бронхопневмоний [4].

Несмотря на защитные механизмы, крупный рогатый скот подвергается многочисленным повторным инфицированиям BRSV. Последующие заражения, как правило, менее серьезны, но поддерживают циркуляцию вируса в популяции, способствуя инфицированию восприимчивых животных [25].

Заражение BRSV индуцирует возникновение вторичных бактериальных инфекций в нижних отделах дыхательных путей, что приводит к развитию тяжелых пневмоний [37]. Вирус усиливает адгезию бактерий (*Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni*, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Trueperella pyogenes*) к эпителиальным клеткам дыхательных путей [18, 33, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43]. Изучая механизм бактериальной суперинфекции, вызванной *Pasteurella multocida* после заражения BRSV, P. E. Sudaryatma et al. установили, что адгезия бактерий к эпителиальным клеткам нижних дыхательных путей крупного рогатого скота усиливается за счет повышения экспрессии рецептора фактора активации тромбоцитов (PAFR) [42]. Инфицирование эпителиальных клеток бронхов и легких BRSV повышало адгезию *Pasteurella multocida* к этим клеткам, но не влияло на усиление адгезии к эпителиальным клеткам трахеи [41]. Результаты исследований подтвердили способность вируса к предпочтительному размножению в нижних дыхательных путях. McGill J. L. et al. установили, что коинфекция BRSV и *Mannheimia haemolytica* у телят приводит к повышенной экспрессии IL-17, IL-21 и IL-22 в легких и периферической крови [36].

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

Инкубационный период при РСИ КРС составляет от 2 до 5 дней. В экспериментальных исследованиях начало и продолжительность клинического заболевания значительно различались, но симптомы, как правило, присутствовали между 2-м и 8-м днем после заражения [44]. Репликация вируса обнаруживается со 2–3-го дня после заражения и продолжается до 7–10 дней после заражения. В естественных условиях болезнь может протекать в разнообразных формах (от субклинической с минимальными клиническими признаками до тяжелой с ярко выраженными признаками поражения дыхательной системы, с одышкой) и заканчиваться гибелью животного.

Инфекция может иметь бессимптомное течение, ограничиваться верхними дыхательными путями или поражать как верхние, так и нижние дыхательные пути. При легком течении с поражением верхних дыхательных путей наблюдается кашель, серозно-слизистый

ринит и конъюнктивит, легкое или умеренное учащение дыхания, повышение температуры, анорексия, вялость. При течении средней тяжести у больных телят выявляют частоту дыхания выше 80 движений в минуту, тахипноэ, резкие легочные звуки через большую часть стенки легкого и сильный кашель.

Тяжелое течение инфекции характеризуется высокой лихорадкой, глубокой депрессией, сильной одышкой. У животных может развиться тяжелая дыхательная недостаточность с хрюкающим выдохом, они дышат открытым ртом с высунутым языком, вытянув шею и опустив голову, из ротовой полости выделяется слюна. У этих животных обнаруживают эмфизему и отек легких. Иногда развивается подкожная эмфизема [6, 20, 34, 45].

Патолого-анатомические изменения регистрируют только в легких. При вскрытии выявляют интерстициальную пневмонию, консолидацию краевенно-центральных частей легкого. В бронхах и мелких бронхах содержится слизисто-гноенный экссудат. Каудодорсальные части легких часто растянуты из-за междольковых, дольковых и субплевральных эмфизематозных поражений. Легкие увеличены в размере, может наблюдаться ломкость легочной ткани. Трахеобронхиальные и средостенные лимфатические узлы могут быть увеличенными, отечными и иногда геморрагичными. При бактериальной суперинфекции паренхима легких становится более отечной и консолидированной, может наблюдаться фибринозная или гнойная бронхопневмония [6, 20].

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЭПИЗООТОЛОГИЯ BRSV

Orthopneumovirus bovis, как и большинство РНК-содержащих вирусов, обладает высокой степенью гетерогенности вирусного генома и низкой точностью его репликации, что способствует формированию различных вирусных субпопуляций в пределах одного хозяина [1, 46].

Молекулярно-генетические исследования во время возникновения вспышек РСИ КРС показали циркуляцию идентичных штаммов вируса среди животных в пределах одного стада. При повторных вспышках различия вирусных штаммов могут достигать 11%, при этом новые генетические штаммы становятся доминирующими [47].

При исследовании молекулярной эпизоотологии BRSV обнаружена значительная географическая корреляция между вирусными вариантами и появлением новых генетических вариантов [46].

В настоящее время с помощью филогенетического анализа нуклеотидных последовательностей генов G и N выявлено десять генетических подгрупп BRSV [14]. Подгруппа I состоит из штаммов, выделенных до 1980 г. в Европе [48]. Последний раз штаммы этой группы регистрировались у крупного рогатого скота в Бельгии в 1997 г.

Штаммы вируса подгруппы II распространены в Дании, Швеции и Норвегии, Японии [7, 14, 49]. Подгруппа III включает штаммы из США, Италии, Китая и Турции [14, 46, 50]. Chang Y. et al. определили доминирование в Китае штаммов подгруппы III [12]. Подгруппа IV включает два подкласса: IA и IB. В подгруппу IV IA входят штаммы, выделенные в Англии в 1971 и 1976 гг., а в IB – выделенные в Нидерландах в 1980-х гг. [7]. Штаммы подгруппы V и VI были обнаружены во Франции и Бельгии [7, 49]. Подгруппы VII и VIII выявлены в Хор-

ватии в 2018 г. и Италии [29, 46]. Недавно идентифицировали еще две подгруппы: IX – в Бразилии [51] и Японии, X – в Японии [26].

До недавнего времени в России отсутствовали какие-либо сведения о генотипах циркулирующих штаммов вируса. Готов А. Г. и соавт. впервые в нашей стране провели секвенирование полной нуклеотидной последовательности гена гликопротеина G пяти изолятов вируса, циркулирующих среди высокопродуктивного молочного скота в Сибири, и двух вакцинных штаммов. На основании филогенетического анализа было установлено, что популяция сибирских изолятов BRSV представлена двумя подгруппами и одной независимой кладой. Так, изоляты NSO1, NSO2, выделенные от телят в Новосибирской области, были отнесены к подгруппе II штаммов BRSV. Нуклеотидное сходство этих изолятов с хорватским штаммом составило 99,09%, со шведским – 98,44%, с итальянским – 98,31%, а в последовательности гена G обнаружены нуклеотидные мутации относительно других штаммов подгруппы II, приводящие к ряду уникальных аминокислотных замен. Изоляты Alt3 и Alt4, выделенные от животных в Алтайском крае, были отнесены к подгруппе III. Нуклеотидное сходство алтайских изолятов со штаммами из Китая составило 98,73–97,34%. В последовательностях изолята Alt3 были обнаружены уникальные аминокислотные замены. Отдельную кладу образовали изолят K18, выделенный от больных нетелей, завезенных из Канады, при вспышке массового респираторного заболевания после смешивания их с местным скотом, а также аттенуированный штамм «375», входящий в состав двух вакцин. Полученные полные нуклеотидные последовательности гена гликопротеина G изолятов BRSV были депонированы в базу данных GenBank под номерами OR426499–OR426505 [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о широком распространении РСИ КРС во многих странах мира, в том числе и в Российской Федерации. Инфекция приводит к значительным экономическим потерям в отрасли молочного и мясного скотоводства, связанным с заболеваемостью, смертностью, затратами на лечение и профилактику. Крупный рогатый скот является основным резервуаром возбудителя РСИ КРС. Репликация BRSV ограничена только респираторными органами. Вирус повышает восприимчивость телят к вторичным инфекциям и способствует колонизации нижних отделов дыхательных путей бактериями, что приводит к возникновению тяжелой патологии, приводящей к бронхопневмонии или фибринозной пневмонии. Особенностью BRSV является его способность вызывать иммунопатологию. Патогенное действие вируса обусловлено дисбалансом иммунного ответа в сторону Th2-зависимых процессов. Возбудитель обладает мощным иммуносупрессорным действием, что способствует осложненному течению и реинфицированию.

Относительно быстрая скорость эволюции обуславливает генетическую и антигенную гетерогенность полевых штаммов вируса. Выявление и характеристика генетически различных подгрупп BRSV, циркулирующих в хозяйствах конкретных регионов, и дальнейшие исследования их антигенных свойств имеют важное значение для реализации мероприятий по борьбе

с инфекцией, включающих разработку точных диагностических методов и эффективных вакцин для минимизации экономических потерь.

Учитывая генетическую изменчивость BRSV, изучение молекулярной эпизоотологии вируса приобретает особую актуальность. Необходимо продолжить исследования генетического разнообразия BRSV и патогенности штаммов, циркулирующих в нашей стране, для разработки стратегии иммунопрофилактики инфекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Sarmiento-Silva R. E., Nakamura-Lopez Y., Vaughan G. Epidemiology, molecular epidemiology and evolution of bovine respiratory syncytial virus. *Viruses*. 2012; 4 (12): 3452–3467. <https://doi.org/10.3390/v4123452>
- Klem T. B., Gulliksen S. M., Lie K.-I., Løken T., Østerås O., Stokstad M. Bovine respiratory syncytial virus: infection dynamics within and between herds. *Veterinary Record*. 2013; 173 (19):476. <https://doi.org/10.1136/vr.101936>
- Gaudino M., Nagamine B., Ducatez M. F., Meyer G. Understanding the mechanisms of viral and bacterial coinfections in bovine respiratory disease: a comprehensive literature review of experimental evidence. *Veterinary Research*. 2022; 53 (1):70. <https://doi.org/10.1186/s13567-022-01086-1>
- Актуальные инфекционные болезни крупного рогатого скота: руководство. Под ред. проф. Т. И. Алипера. М.: Сельскохозяйственные технологии; 2021. 832 с.
Current infectious diseases of cattle: A manual. Ed. by prof. T. I. Aliper. Moscow: Sel'skookhozaistvennyye tekhnologii; 2021. 832 p. (in Russ.)
- Walker P. J., Siddell S. G., Lefkowitz E. J., Mushegian A. R., Adriaenssens E. M., Alfnas-Zerbini P., et al. Recent changes to virus taxonomy ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses (2022). *Archives of Virology*. 2022; 167 (11): 2429–2440. <https://doi.org/10.1007/s00705-022-05516-5>
- Larsen L. E. Bovine respiratory syncytial virus (BRSV): a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2000; 41 (1): 1–24. <https://doi.org/10.1186/BF03549652>
- Valarcher J. F., Schelcher F., Bourhy H. Evolution of bovine respiratory syncytial virus. *Journal of Virology*. 2000; 74 (22): 10714–10728. <https://doi.org/10.1128/jvi.74.22.10714-10728.2000>
- Nišavić J., Milić N., Radalj A., Stanojković A., Veljović L. Laboratory diagnostics of bovine parainfluenza-3 virus, bovine herpesvirus 1, and bovine respiratory syncytial virus associated with bovine respiratory disease. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2021; 37 (1): 1–15. <https://doi.org/10.2298/BAH2101001N>
- Citterio C. V., Luzzago C., Sala M., Sironi G., Gatti P., Gaffuri A., Lanfranchi P. Serological study of a population of alpine chamois (*Rupicapra rupicapra*) affected by an outbreak of respiratory disease. *Veterinary Record*. 2003; 153 (19): 592–596. <https://doi.org/10.1136/vr.153.19.592>
- Мищенко В. А., Думова В. В., Киселев М. Ю., Мищенко А. В. Изучение распространения вируса респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота у жвачных животных. *Ветеринарна медицина*. 2011; 95: 169–170. <https://elibrary.ru/smuknb>
- Mischenko V. A., Dumova V. V., Kiselyov M. Yu., Mischenko A. V. Study of distribution of respiratory syncytial virus of cattle in ruminants. *Veterinary Medicine*. 2011; 95: 169–170. <https://elibrary.ru/smuknb> (in Russ.)
- Urban-Chmiel R., Wernicki A., Stęgierska D., Marczuk J., Rola J., Socha W., Valverde Piedra J. L. Detection of BHV-1 and BRSV viruses in European bison in the Białowieża forest: a preliminary study. *Journal of Applied Animal Research*. 2017; 45 (1): 170–172. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1124335>
- Chang Y., Yue H., Tang C. Prevalence and molecular characteristics of bovine respiratory syncytial virus in beef cattle in China. *Animals*. 2022; 12 (24):3511. <https://doi.org/10.3390/ani12243511>
- Brito B. P., Frost M. J., Anantanawat K., Jaya F., Batterham T., Djordjevic S. P., et al. Expanding the range of the respiratory infectome in Australian feedlot cattle with and without respiratory disease using metatranscriptomics. *Microbiome*. 2023; 11 (1):158. <https://doi.org/10.1186/s40168-023-01591-1>
- Aydin O., Yilmaz A., Turan N., Richt J. A., Yilmaz H. Molecular characterization and antibody response to bovine respiratory syncytial virus in vaccinated and infected cattle in Turkey. *Pathogens*. 2024; 13 (4):304. <https://doi.org/10.3390/pathogens13040304>
- Ohlson A., Heuer C., Lockhart C., Trávník M., Emanuelson U., Alenius S. Risk factors for seropositivity to bovine coronavirus and bovine respiratory syncytial virus in dairy herds. *Veterinary Record*. 2010; 167 (6): 201–207. <https://doi.org/10.1136/vr.c4119>
- Гуненков В. В., Халенев Г. А., Сюрин В. Н. Респираторно-синцитиальная вирусная инфекция. *Животноводство и ветеринария*. 1975; (8): 70–76.
- Gunenkov V. V., Khalenev G. A., Syurin V. N. Respiratorno-sintsital'naya virusnaya infektsiya = Respiratory syncytial virus infection. *Zhivotnovodstvo i veterinariya*. 1975; (8): 70–76. (in Russ.)
- Строганова И. Я. Респираторно-синцитиальная инфекция у крупного рогатого скота. *БИО*. 2019; (7): 14–15. <https://elibrary.ru/bndnuy>
- Stroganova I. Ya. Respiratorno-sintsital'naya infektsiya u krupnogo rogatogo skota = Bovine respiratory syncytial virus infection in cattle. *БИО*. 2019; (7): 14–15. <https://elibrary.ru/bndnuy> (in Russ.)
- Глотов А. Г., Глотова Т. И., Котенева С. В., Нефедченко А. В., Войтова К. В. Эпизоотическая ситуация по респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота в хозяйствах по производству молока. *Ветеринария*. 2010; (7): 21–25. <https://elibrary.ru/msrezd>
- Glotov A. G., Glotova T. I., Koteneva S. V., Nefedchenko A. V., Voitova K. V. Features of epidemiological situation on bovine respiratory syncytial virus infection (BRSV) in dairy farms. *Veterinariya*. 2010; (7): 21–25. <https://elibrary.ru/msrezd> (in Russ.)
- Глотов А. Г., Южаков А. Г., Глотова Т. И., Нефедченко А. В., Котенева С. В., Комина А. К., Жукова Е. В. Частота выявления от больных животных и генетический полиморфизм сибирских изолятов респираторно-синцитиального вируса крупного рогатого скота (*Pneumoviridae: Orthopneumovirus*; BRSV), выявленных на территориях Уральского и Сибирского федеральных округов РФ и Республики Казахстан. *Вопросы вирусологии*. 2024; 69 (1): 76–87. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-216>
- Glotov A. G., Yuzhakov A. G., Glotova T. I., Nefedchenko A. V., Koteneva S. V., Komina A. K., Zhukova E. V. Occurrence in sick animals and genetic heterogeneity of Siberian isolates of bovine respiratory syncytial virus (*Pneumoviridae: Orthopneumovirus*; BRSV) identified in the territories of the Ural, Siberian Federal District and the Republic of Kazakhstan. *Problems of Virology*. 2024; 69 (1): 76–87. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-216> (in Russ.)
- Valarcher J.-F., Taylor G. Bovine respiratory syncytial virus infection. *Veterinary Research*. 2007; 38 (2): 153–180. <https://doi.org/10.1051/vetres:2006053>
- Valentova V. The antigenic and genetic variability of bovine respiratory syncytial virus with emphasis on the G protein. *Veterinarni Medicina*. 2003; 48 (9): 254–266. <https://doi.org/10.17221/5778-VETMED>
- Van der Poel W. H. M., Brand A., Kramps J. A., Van Oirschot J. T. Respiratory syncytial virus infections in human beings and in cattle. *Journal of Infectious Diseases*. 1994; 29 (2): 215–228. [https://doi.org/10.1016/s0163-4453\(94\)90866-4](https://doi.org/10.1016/s0163-4453(94)90866-4)
- Werid G. M., Wubshet A. K., Araya T. T., Miller D., Hemmatzadeh F., Reichel M. P., Petrovski K. Detection of bovine respiratory syncytial virus in cattle: a systematic review and meta-analysis. *Ruminants*. 2024; 4 (4): 491–514. <https://doi.org/10.3390/ruminants4040035>
- Baker J. C., Ames T. R., Werdin R. E. Seroprevalence study of bovine respiratory syncytial virus in a beef herd. *American Journal of Veterinary Research*. 1986; 47 (2): 246–253. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3954199>
- Da Silva Barcelos L., Ford A. K., Frühauf M. I., Botton N. Y., Fischer G., Maggioli M. F. Interactions between bovine respiratory syncytial virus and cattle: aspects of pathogenesis and immunity. *Viruses*. 2024; 16 (11):1753. <https://doi.org/10.3390/v16111753>
- Kumagai A., Kawauchi K., Andoh K., Hatama S. Sequence and unique phylogeny of G genes of bovine respiratory syncytial viruses circulating in Japan. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2021; 33 (1): 162–166. <https://doi.org/10.1177/1040638720975364>
- Fuentes S., Tran K. C., Luthra P., Teng M. N., He B. Function of the respiratory syncytial virus small hydrophobic protein. *Journal of Virology*. 2007; 81 (15): 8361–8366. <https://doi.org/10.1128/JVI.02717-06>
- Espinoza J. A., Bohmwald K., Céspedes P. F., Riedel C. A., Bueno S. M., Kalgiris A. M. Modulation of host adaptive immunity by hRSV proteins. *Virulence*. 2014; 5 (7): 740–751. <https://doi.org/10.4161/viru.32225>
- Krešić N., Bedeković T., Brnić D., Šimić I., Lojkić I., Turk N. Genetic analysis of bovine respiratory syncytial virus in Croatia. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2018; 58: 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2018.09.004>
- Piedimonte G., Perez M. K. Respiratory syncytial virus infection and bronchiolitis. *Pediatrics in Review*. 2014; 35 (12): 519–530. <https://doi.org/10.1542/pir.35-12-519>
- Piedimonte G. RSV infections: State of the art. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2015; 82 (11, Suppl. 1): S13–S18. <https://doi.org/10.3949/ccjm.82.s1.03>
- Persson B. D., Jaffe A. B., Fearn R., Danahay H. Respiratory syncytial virus can infect basal cells and alter human airway epithelial differentiation. *PLoS ONE*. 2014; 9 (7):e102368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102368>
- Shang Z., Tan S., Ma D. Respiratory syncytial virus: from pathogenesis to potential therapeutic strategies. *International Journal of Biological Sciences*. 2021; 17 (14): 4073–4091. <https://doi.org/10.7150/ijbs.64762>
- Gershwin L. J. Immunology of bovine respiratory syncytial virus infection of cattle. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2012; 35 (3): 253–257. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2012.01.005>

35. Ozkanlar Y., Aktaş M. S., Kaynar O., Ozkanlar S., Kirecci E., Yildiz L. Bovine respiratory disease in naturally infected calves: clinical signs, blood gases and cytokine response. *Revue de Medecine Veterinaire*. 2012; 163 (3): 123–130. http://www.revmedvet.com/2012/RMV163_123_130.pdf
36. McGill J. L., Rusk R. A., Guerra-Maupome M., Briggs R. E., Sacco R. E. Bovine gamma delta T cells contribute to exacerbated IL-17 production in response to co-infection with bovine RSV and *Mannheimia haemolytica*. *PLoS ONE*. 2016; 11 (3):e0151083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151083>
37. Brodersen B. W. Bovine respiratory syncytial virus. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2010; 26 (2): 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.010>
38. Agnes J. T., Zekarias B., Shao M., Anderson M. L., Gershwin L. J., Corbeil L. B. Bovine respiratory syncytial virus and *Histophilus somni* interaction at the alveolar barrier. *Infection and Immunity*. 2013; 81 (7): 2592–2597. <https://doi.org/10.1128/IAI.00108-13>
39. Hendaus M. A., Jomha F. A., Alhammadi A. H. Virus-induced secondary bacterial infection: a concise review. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2015; 11: 1265–1271. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S87789>
40. Headley S. A., Balbo L. C., Alfieri A. F., Saut J. P. E., Baptista A. L., Alfieri A. A. Bovine respiratory disease associated with *Histophilus somni* and bovine respiratory syncytial virus in a beef cattle feedlot from Southeastern Brazil. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 2017; 38 (1): 283–294. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p283>
41. Sudaryatma P. E., Mekata H., Kubo M., Subangkit M., Goto Y., Okabayashi T. Co-infection of epithelial cells established from the upper and lower bovine respiratory tract with bovine respiratory syncytial virus and bacteria. *Veterinary Microbiology*. 2019; 235: 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.06.010>
42. Sudaryatma P. E., Saito A., Mekata H., Kubo M., Fahkrajang W., Zampaka E., Okabayashi T. Bovine respiratory syncytial virus enhances the adherence of *Pasteurella multocida* to bovine lower respiratory tract epithelial cells by upregulating the platelet-activating factor receptor. *Frontiers in Microbiology*. 2020; 11:1676. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01676>
43. Yamamoto S., Okumura S., Kobayashi R., Maeda Y., Takahashi F., Tanabe T. Bovine respiratory syncytial virus enhances the attachment of *Trueperella pyogenes* to cells. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2024; 86 (10): 1068–1075. <https://doi.org/10.1292/jvms.24-0068>
44. Belknap E. B., Ciszewski D. K., Baker J. C. Experimental respiratory syncytial virus infection in calves and lambs. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 1995; 7 (2): 285–298. <https://doi.org/10.1177/104063879500700226>
45. Sacco R. E., McGill J. L., Pillatzki A. E., Palmer M. V., Ackermann M. R. Respiratory syncytial virus infection in cattle. *Veterinary Pathology*. 2014; 51 (2): 427–436. <https://doi.org/10.1177/0300985813501341>
46. Bertolotti L., Giammarioli M., Rosati S. Genetic characterization of bovine respiratory syncytial virus strains isolated in Italy: evidence for the circulation of new divergent clades. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2018; 30 (2): 300–304. <https://doi.org/10.1177/1040638717746202>
47. Larsen L. E., Tjørnehøj K., Viuff B. Extensive sequence divergence among bovine respiratory syncytial viruses isolated during recurrent outbreaks in closed herds. *Journal of Clinical Microbiology*. 2000; 38 (11): 4222–4227. <https://doi.org/10.1128/jcm.38.11.4222-4227.2000>
48. Stott E. J., Taylor G. Respiratory syncytial virus: brief review. *Archives of Virology*. 1985; 84: 1–52. <https://doi.org/10.1007/BF01310552>
49. Valentova V., Antonis A., Kovarcik K. Restriction enzyme analysis of RT-PCR amplicons as a rapid method for detection of genetic diversity among bovine respiratory syncytial virus isolates. *Veterinary Microbiology*. 2005; 108 (1–2): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.02.008>
50. Ince Ö. B., Şevik M., Özgür E. G., Sait A. Risk factors and genetic characterization of bovine respiratory syncytial virus in the inner Aegean Region, Turkey. *Tropical Animal Health and Production*. 2022; 54 (1):4. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03022-5>
51. Leme R. A., Dall Agnol A. M., Balbo L. C., Pereira F. L., Possatti F., Alfieri A. F., Alfieri A. A. Molecular characterization of Brazilian wild-type strains of bovine respiratory syncytial virus reveals genetic diversity and a putative new subgroup of the virus. *Veterinary Quarterly*. 2020; 40 (1): 83–96. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1733704>

Поступила в редакцию / Received 15.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 23.02.2025

Принята к публикации / Accepted 18.03.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Котенева Светлана Владимировна, канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии – диагностический центр ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, пос. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0003-2649-7505>, koteneva-sv@mail.ru

Глов Александр Гаврилович, д-р вет. наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией биотехнологии – диагностический центр ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, пос. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2006-0196>, glotov_vet@mail.ru

Глотова Татьяна Ивановна, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биотехнологии – диагностический центр ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, пос. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3538-8749>, t-glotova@mail.ru

Нефедченко Алексей Васильевич, д-р вет. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии – диагностический центр ИЭВСиДВ СФНЦА РАН, пос. Краснообск, Новосибирская обл., Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4181-4268>, homeovet@yandex.ru

Svetlana V. Koteneva, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Leading Researcher, Laboratory of Biotechnology – Diagnostic Center, 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/0000-0003-2649-7505>, koteneva-sv@mail.ru

Alexander G. Glotov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Biotechnology – Diagnostic Center, 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/0000-0002-2006-0196>, glotov_vet@mail.ru

Tatyana I. Glotova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Biotechnology – Diagnostic Center, 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/0000-0003-3538-8749>, t-glotova@mail.ru

Aleksey V. Nefedchenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Biotechnology – Diagnostic Center, 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/0000-0002-4181-4268>, homeovet@yandex.ru

Вклад авторов: Котенева С. В. – анализ литературы и написание текста; Глов А. Г. – идея и написание текста, утверждение окончательного варианта статьи; Глотова Т. И. – анализ литературы, редактирование статьи; Нефедченко А. В. – анализ литературы.

Contribution of the authors: Koteneva S. V. – literature analysis and text writing; Glotov A. G. – concept and text writing, approval of the final variant of manuscript; Glotova T. I. – literature analysis, manuscript editing; Nefedchenko A. V. – literature analysis.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>
УДК 619:617.7:639.3

Факторы, способствующие развитию патологических изменений в глазах у рыб

Л. И. Бычкова¹, Т. А. Карасева², В. А. Пыльнов¹

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, г. Москва, 105187, Россия

² Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При сокращении промышленных уловов лососевых огромное значение принадлежит рыбододным заводам по воспроизводству запасов этих видов промысловых рыб. В условиях искусственного выращивания лососевых часто отмечают поражения глаз, которые приводят к снижению уровня адаптации рыб в естественных условиях. Диагностика патологий позволяет классифицировать их по воздействию фактору и разработать лечебные и профилактические мероприятия.

Цель исследования. Поиск и обобщение научных публикаций по проблеме патологии глаз у лососевых на предприятиях, занимающихся промышленным разведением и их товарным выращиванием или воспроизводством, в странах Азии, Америки, Европы и в Российской Федерации.

Материалы и методы. Проведен поиск русско- и англоязычных статей в наукометрических базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.RU. Для подготовки обзора была использована информация из 44 научно-исследовательских работ, опубликованных в период с 1975 по 2024 г.

Результаты. Показано, что поражение глаз у атлантического лосося, кумжи, радужной форели в виде непаразитарной катаракты (помутнение хрусталика), кератопатии (помутнение роговицы), одно- или двухстороннего выпадения глазного яблока регистрируется на заводах по воспроизводству водных биологических ресурсов и на объектах аквакультуры в Северо-Западном регионе Российской Федерации, а также в ряде зарубежных стран. Отмечено, что поражение глаз влечет за собой снижение иммунофизиологического статуса и темпов роста в условиях аквакультуры, уменьшение количества полноценной рыбы, увеличение кормовых затрат и выпуск неполноценной рыбы в естественные водоемы с рыбододных заводов, а иногда ее гибель. Представлена основная информация о факторах, способствующих развитию глазных патологий у лососевых. Проведен анализ лечебно-профилактических мероприятий, применяемых при поражении глаз, показана значимость дифференцированного подхода к данной проблеме в зависимости от действующего фактора.

Заключение. В мировой ветеринарной и ихтиопатологической практике проблема выпадения глаз у рыбы недостаточно изучена, количество исследований на эту тему ограничено. В данном обзоре проанализированы и дифференцированно представлены основные факторы, способствующие развитию глазных патологий у лососевых, выявление которых позволит осуществить раннюю диагностику, определить и разработать меры профилактики или эффективные схемы лечения, что, в свою очередь, приведет к сохранению здоровья рыб, повышению продуктивности рыбододных предприятий и снижению экономических потерь.

Ключевые слова: обзор, патология глаз, экзофтальмия, катаракта, кератопатия

Для цитирования: Бычкова Л. И., Карасева Т. А., Пыльнов В. А. Факторы, способствующие развитию патологических изменений в глазах у рыб. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 140–147. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Бычкова Лариса Ивановна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», Окружной проезд, 19, г. Москва, 105187, Россия, larabychkova@mail.ru

Factors contributing to ocular pathologies in fish

Larisa I. Bychkova¹, Tatyana A. Karaseva², Vladimir A. Pylnov¹

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 19 Okruzhnoy proezd, Moscow 105187, Russia

² Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6 Akademika Knipovicha str., Murmansk 183038, Russia

ABSTRACT

Introduction. With the decline in industrial salmon catches, fish hatcheries play a crucial role in replenishing stocks of these commercially valuable fish species. In aquaculture conditions, salmonids often demonstrate eye lesions, which reduce their adaptability in natural environments. Diagnosing these pathologies enables their classification by causative factors and development of therapeutic and preventive measures.

Objective. To search for and summarize scientific publications on ocular pathologies in salmonids at facilities engaged in industrial breeding, commercial farming or reproduction in Asia, America, Europe, and the Russian Federation.

Materials and methods. A search for Russian- and English-language articles in PubMed, Scopus, Web of Science, and eLIBRARY.RU databases was conducted. To prepare the review, 44 research papers published between 1975 and 2024 were used.

Results. The study demonstrates that eye lesions in Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), such as non-parasitic cataracts (lens opacity), keratopathy (corneal opacity), and unilateral or bilateral exophthalmia (eye protrusion), are reported at fish hatcheries and aquaculture facilities in the Northwestern region of the Russian Federation, as well as in several foreign countries. Eye lesions lead to decline in immunophysiological state and growth rates in aquaculture, reduction in the number of healthy fish, increased feed costs, and release of substandard fish from hatcheries into natural water bodies, sometimes resulting in their mortality. Basic information on factors contributing to the development of ocular pathologies in salmonids is presented.

© Бычкова Л. И., Карасева Т. А., Пыльнов В. А., 2025

An analysis of therapeutic and preventive measures for eye lesions is provided, highlighting the importance of a differentiated and causative factor-dependent approach.

Conclusion. In global veterinary practice and fish pathology, the problem of eye protrusion in fish remains understudied, with limited research on the topic. This review analyzes and differentiates the key factors contributing to the development of ocular pathologies in salmonids. Identifying these factors will enable early diagnosis, determination, and development of preventive measures or effective treatment regimens, ultimately preserving fish health, improving the productive capacities of aquaculture establishments, and reducing economic losses.

Keywords: review, ocular pathology, exophthalmia, cataract, keratopathy

For citation: Bychkova L. I., Karaseva T. A., Pylnov V. A. Factors contributing to ocular pathologies in fish. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 140–147. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>

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

For correspondence: Larisa I. Bychkova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 19 Okružnoy proezd, Moscow 105187, Russia, larabychkova@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Рост и выживаемость диких и культивируемых рыб во многом зависит от зрения и способности обнаружить и захватить добычу. Глаз является чрезвычайно важным органом чувств для большинства видов рыб и одним из наиболее уязвимых при негативном воздействии окружающей среды. В аквакультуре существует много факторов, способных вызвать временные или постоянные изменения роговицы, хрусталика, глазного яблока или конъюнктивы. В связи с этим состояние глаз имеет диагностическое значение и зачастую используется как индикатор здоровья рыб [1, 2].

Среди клинических признаков болезней глаз у рыбы отмечают катаракту, кератопатию, экзофтальмию. Катаракта – это помутнение хрусталика, происходящее из-за патологического изменения ограничивающего его эпителия или состава и структуры волокон хрусталика [3]. Кератопатия – комплекс дегенеративных изменений, при которых ухудшается защитная функция роговицы и возникает ее помутнение. Экзофтальмия – это пучеглазие у рыб вследствие инфекционного грибкового заражения или воздействия токсической среды.

Впервые на непаразитарную катаракту и другие поражения глаз у лососевых рыб в нашей стране в 80-х гг. XX столетия обратил внимание А. М. Марченко. Заболевание было выявлено на Майском лососевом рыбноводном заводе Кабардино-Балкарской АССР: у молоди терского лосося наблюдали помутнение хрусталика, кровоизлияние в заглазничную область, единичное или двухстороннее выпадение глаз. В дальнейшем такое же заболевание было выявлено у молоди каспийского лосося Чайкендского рыбноводного завода Азербайджанской ССР. Причины развития патологических изменений в глазах тщательно изучались и анализировались [4].

В последующие годы по мере увеличения уровня интенсификации биотехнических процессов и объемов выращиваемой рыбы в России и мире специалистами был изучен широкий ряд патологий глаз культивируемых видов. Однако работ, описывающих случаи патологических изменений в глазах у рыб, опубликовано относительно мало по сравнению с количеством научной литературы, посвященной изучению здоровья других органов. Диагноз при заболевании глаз устанавливают на основании эпизоотологических данных, отклонений в поведении больных рыб, клинических признаков

и результатов лабораторных исследований. Проводимые гистопатологические исследования позволяют классифицировать состояние глаз от острого воспаления до катаракты, кератита, ретинопатии и других изменений.

Задачей настоящего исследования являлось обобщение и обзор научных работ о болезнях паразитарной и непаразитарной природы, ассоциированных с патологией глаз у культивируемых рыб, и факторов, вызывающих глазную патологию.

СИТУАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МИРЕ

В 90-е гг. XX столетия поражения глаз отмечали у молоди атлантического лосося (семги) и кумжи на лососевых рыбноводных заводах Мурманской области (Тайбольском, Умбском, Кандакашском, Князегубском), Карелии (Петрозаводском, Кемском, Выгском) и Архангельской области (Онежском и Солзненском). Регистрировали такие патологии, как выпадение глаз и непаразитарная катаракта. Специфическим признаком выпадения глаз являлось поражение роговицы и окологлазничной кожной складки с образованием плотных белых папулоподобных структур размером 1–2 мм, с широким основанием и заостренной вершиной. В результате распада этих структур разрушается роговица и окологлазничная кожная складка, что влечет за собой истечение содержимого глазного яблока и его выпадение из глазницы у рыб всех возрастов. У отловленных из реки Кола Мурманской области производителей атлантического лосося (семги) наблюдали деформацию глазного яблока, помутнение и утолщение роговицы с отверстиями в местах локализации папулоподобных структур. Несмотря на инфекционную картину заболевания, этиологический агент, вызывающий патологию глаз, не был выявлен. На рыбноводных заводах Мурманской области поражения глаз чаще наблюдали у лососевых рыб всех возрастных групп: мальков, сеголеток и двухлеток. Случаи непаразитарной катаракты регистрировали на лососевых рыбноводных заводах Карелии [5].

Различные виды патологии глаз под воздействием инфекционного и неинфекционного агентов и, как исключение, паразитарного агента привели к необходимости анализа всей доступной литературы по патологии глаз у рыб. Количество публикаций в мире по этой

проблеме ограниченно, но из проведенного анализа литературы можно сделать вывод, что заболевание распространено на территории Скандинавских стран, США, Канады, Японии и наносит большой экономический ущерб, который выражается в снижении темпа роста и повышении кормовых затрат, падении иммунитета и повышении восприимчивости организма рыб к бактериальным возбудителям в условиях аквакультуры [6, 7, 8]. В 60–70-е гг. XX столетия в Японии и США впервые были описаны специфические поражения глаз в виде светлых узелков и гранулем различного строения у выращенных в аквакультуре радужной форели, желтохоста (*Seriola quinqueradiata*), а также у лососевых рыб рода *Salmo* и *Oncorhynchus* при бактериальной почечной болезни, туберкулезе и стрептококкозе [9, 10, 11].

Поражения глаз, приводящие к потере зрения у рыб, стали серьезной проблемой на рыболовных заводах и фермах во всем мире [12, 13].

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ГЛАЗАХ У РЫБ

Более 100 лет литература о патологических состояниях глаз относилась главным образом к катаракте паразитарной этиологии, связанной с заражением личинками трематоды *Diplostomum* spp. Паразитарная катаракта, или диплостоматоз, встречается как у диких, так и у культивируемых рыб. В аквакультуре этому заболеванию подвержены рыбы, выращиваемые в озерах, прудах и сетчатых садках. У зараженных рыб может наблюдаться экзофтальмия, геморрагии, катаракта, отслоение сетчатки, снижение темпа роста и истощение [7, 10, 14].

Среди многочисленных факторов, приводящих к видимым повреждениям глаз у рыб, можно выделить три основных:

- воздействие бактерий и вирусов;
- несбалансированный рацион (алиментарные болезни);
- неблагоприятное водоисточника, наличие токсических и химических веществ в воде.



Рис. 1. Экзофтальмия и геморрагическое поражение глаз инфекционной природы у культивируемой радужной форели (фото Т. А. Карасевой)

Fig. 1. Infectious exophthalmia and ocular hemorrhagic lesions in farmed rainbow trout (photo by T. A. Karaseva)

Инфекционные болезни. Бактерии и вирусы часто индуцируют патологические изменения в глазах у рыб [15]. Наряду с другими признаками инфекций экссудативное или экссудативно-геморрагическое воспаление в организме рыб проявляется в том числе в виде односторонней или двухсторонней экзофтальмии. Глаз у рыбы при этой патологии аномально выступает из глазницы под давлением воспалительного экссудата, который скапливается за глазным яблоком (рис. 1).

На экзофтальмию и кровоизлияния в глазах у культивируемой радужной форели указывали D. W. Bruno et al. при острой форме заболевания вирусной геморрагической септициемией (ВГС, viral hemorrhagic septicemia, VHS). ВГС широко распространена в Европе, Северной Америке, Японии и на Тайване [10]. Аналогичная патология наблюдается при плазмацитоидной лейкемии чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha*) у западных берегов Америки и Канады. Возбудителем такой формы заболевания у лососевых является ретровирус (salmon leukemia virus, SLV). Экзофтальмия и последующая слепота характерна для рыб, пораженных вирусной энцефалопатией и ретинопатией (viral encephalopathy and retinopathy, VER, или viral nervous necrosis, VNN) [14, 16].

В 1980-х гг. была зарегистрирована вспышка нового заболевания у молоди каспийской кумжи (*Salmo trutta caspius*) на Чайкендском рыболовном заводе Азербайджанской ССР, при котором наблюдалось специфическое поражение глаз. Клинический осмотр показал, что на роговице и окологлазничной кожной складке имелись плотные белые папулоподобные тканевые структуры высотой 1–2 мм, с широким основанием и заостренной вершиной. В результате их распада роговица и окологлазничная кожная складка разрушались, что приводило к истечению содержимого глаза и выпадению глазного яблока. Гистологическим методом было установлено, что папулоподобные структуры состоят из эпителия, боуменовы мембраны и собственного вещества роговицы. В цитоплазме эпителиальных клеток наблюдали эозинофильные и небольшие базофильные включения. С помощью электронной микроскопии были обнаружены скопления вирусоподобных частиц размером 30–40 нм. Специалистами было сделано предположение, что эти частицы являются вирусом семейства *Picornaviridae* [4, 17].

В начале 90-х гг. прошлого века ихтиопатологи А. М. Марченко и Т. Е. Родина описали смешанную инфекцию у сеголеток и производителей каспийской кумжи, вызываемую бактерией *Renibacterium salmoninarum* (возбудитель бактериальной почечной болезни) и неизвестным фильтрующим агентом, предположительно вирусом. У больных сеголеток наблюдали папулоподобные образования в глазах, аналогичные тем, что были выявлены у рыб на Чайкендском рыболовном заводе, бледные жабры, песочного цвета печень, отечные почки серого цвета. Наибольший процент гибели (25%) отмечали среди рыб с указанными клиническими признаками. Тщательная дезинфекция рыболовных емкостей, оборудования, подбор клинически здоровых производителей, кормление лечебным кормом с эритромицином способствовали прекращению гибели рыбы. Однако еще длительное время патологию глаз регистрировали у единичных особей [4].

Важно, что в последующие годы сообщений об этих заболеваниях каспийской кумжи не было, а предполагаемые возбудители вирусной природы не получили

распространения на территории Российской Федерации и не регистрировались у лососевых рыб в других регионах. Возможно, их распространение ограничено бассейном Каспийского моря. Известно, что вирусы не обладают эпизоотическим потенциалом в экосистеме из-за редкого контакта особей одного вида, но в аквакультуре при высокой плотности рыб могут приобрести выраженные патогенные свойства и спровоцировать вспышку заболевания [18].

Экзофтальмия глаз, кровоизлияния в глазное яблоко и широкий ряд признаков хронической патологии отмечаются в симптоматике бактериальных болезней [8, 19, 20, 21]. Так, в 1986 г. на Тайбольском рыбободном заводе в Мурманской области впервые была обнаружена специфическая патология глаз у молоди атлантического лосося (*Salmo salar*). При неконтролируемых перевозках рыбы болезнь быстро получила широкое распространение на лососевых рыбободных заводах Мурманской и Архангельской областей, Карелии [22, 23]. В рыбободной практике эта патология отмечалась как болезнь выпадения глаз, непаразитарная катаракта или механическая травма. Заболевание наблюдали у лососевых рыб всех возрастных групп, выращиваемых на рыбободных заводах: мальков, сеголеток и двухлеток [5, 22, 23]. Характерные симптомы заболевания также обнаружили у радужной форели (*Parasalmo mykiss*) при выращивании в морских сетчатых садках, у речного окуня (*Perca fluviatilis*), обыкновенного голяна (*Phoxinus phoxinus*) и девятиглай колюшки (*Pungitius pungitius*), обитающих в пресноводных озерах – водоисточниках лососевых рыбободных заводов [22, 23].

С помощью биологической пробы было доказано, что болезнь выпадения глаз на рыбободных заводах Северо-Запада вызывают бактерии – грамположительные кокки, которые первоначально были идентифицированы как *Streptococcus* sp. По биохимическим свойствам 93 полученных серотипа были однородными и по антигенным свойствам близки к возбудителю стрептококкоза у желтохвоста [22]. Соответственно, заболевание получило название стрептококкоза лососевых рыб. Позднее, в 9-м издании «Определителя бактерий Берджи» (1997), эти патогенные для лососевых рыб и желтохвоста бактерии были отнесены к виду *Enterococcus seriolicida* [24]. Таким образом, было установлено, что патологические процессы в глазах у рыб развиваются при стрептококкозе. Как правило, данное заболевание протекает по типу септицемии в течение года, поэтому патология глаз, которая является только одним из симптомов энтерококковой инфекции, развивается постепенно. В начале болезни клинические признаки проявляются преимущественно односторонней экзофтальмией и кровоизлияниями в глазном яблоке. В дальнейшем на разных этапах развития патологического процесса отмечают воспаление глазного нерва, разрушение роговицы, вытекание стекловидного тела и выпадение хрусталика через отверстие, образовавшееся на месте зрачка, или же у рыб развивается бельмо. Завершающаяся стадия болезни характеризуется тем, что глаз выпадает с разрывом конъюнктивы [25]. При этом сеголетки лососевых рыб не выживают, а у рыб более старшего возраста глазница может зарастать пигментированной соединительной тканью. При помощи гистологического метода у больных рыб установлены гиперемия глазного дна и ириса, керати-



Рис. 2. Экзофтальмия, некроз роговицы, изъязвление глазного яблока у радужной форели при вибриозе, вызванном *Listonella (Vibrio) anguillarum* (фото Т. А. Карасевой)

Fig. 2. Exophthalmia, corneal necrosis, and eyeball ulceration in rainbow trout with vibriosis caused by *Listonella (Vibrio) anguillarum* (photo by T. A. Karaseva)

низация, расслоение, эрозия и некроз роговицы, гиперемия и кровоизлияния в сосудистой оболочке, деформация сетчатки [22]. Ряд авторов находят много общего в эпизоотологии стрептококкоза и таких болезней, как фурункулез и бактериальная почечная болезнь, этиологические агенты которых тесно связаны с хозяевами, а вне организма рыбы способны к выживанию в воде и донных осадках только в течение ограниченного времени [26].

В то же время в 80–90-е гг. XX столетия у молоди лососевых рыб встречалась катаракта, этиологию которой установить не удалось. Так, на Петрозаводском рыбободном заводе у молоди семги и озерного лосося (*Salmo salar morpha sebago*) отмечали единичные случаи поражения глаз; на Выгском рыбободном заводе катаракту наблюдали у 8% рыб, а на Кемском – у 9% рыб от общего количества выращиваемых на заводе. Гибель среди пораженной рыбы не регистрировали. В результате микробиологических исследований предполагаемая на фоне повсеместного распространения стрептококкоза инфекционная природа катаракты у рыб в карельских рыбободных хозяйствах не была подтверждена [5].

Другим бактериальным заболеванием, при котором зачастую у рыб бывают поражены глаза, является вибриоз. Это широко распространенная в морских и солоноватых водах болезнь диких и культивируемых рыб [27, 28, 29, 30]. Под вибриозом лососевых рыб обычно подразумевается септицемия, ассоциированная с бактерией *Listonella (Vibrio) anguillarum* (Bergman, 1909). Этот вид вибрионов является представителем водной сапротрофной микрофлоры, встречается в воде, грунте, моллюсках и других обитателях моря [9, 31, 32]. Основным путем передачи инфекции – через воду и контакт с больными рыбами. В морских хозяйствах бактерия *Listonella anguillarum* выделяется в морскую среду от больных и выздоравливающих рыб из кишечника, почек, язв и разрушенных глаз. Для вибриоза на всех стадиях болезни характерны серозно-геморрагическое

воспаление и некроз тканей. Из лососевых рыб, культивируемых в Европе, наиболее чувствительна к заболеванию радужная форель. В 70–80-е гг. прошлого столетия, в период интенсивного развития форелеводства, вибриоз был распространен в Финском и Рижском заливах Балтийского моря. Вспышки болезни среди выращиваемой форели происходили практически каждый год, смертность рыб в среднем составляла 30% [33]. На европейском севере России в рыбоводных хозяйствах Белого моря в июле 2004 г. впервые произошла вспышка вибриоза среди двухгодовиков радужной форели через две недели после посадки рыбы в морские садки. Болезнь протекала в острой форме, смертность составила более 40% [34].

Как правило, на начальных этапах развития вибриоза у инфицированных рыб наблюдают одностороннюю экзофтальмию. Последующие патологические изменения в глазах характеризуются дегенерацией всех структур и тканей глаза. Это проявляется в разрушении роговицы, выпадении хрусталика, эрозии и изъязвлении глазного яблока, кровотечении (рис. 2). Реже у рыб образуется бельмо. У выживших особей пораженный глаз, как правило, не выпадает, остатки тканей сохраняются в глазице [35].

Алиментарные болезни. С начала 90-х гг. XX века рост числа глазных патологий у рыб совпал с внедрением гранулированных кормов для лососевых рыб и попытками заменить высококачественные животные белки в этих кормах растительными или низкокачественными заменителями животных белков. Для роста рыб, особенно лососевых, очень важно использовать в рационе сбалансированный корм. Дефицит даже одного компонента в корме приводит к развитию изменений, зачастую необратимых, в организме рыб, в том числе и в глазах [36, 37]. При использовании несбалансированных кормов в организме возникает дефицит витаминов, аминокислот, минеральных элементов, что вызывает различные виды поражения глаз: катаракту, кератопатию и выпадение глазного яблока. В обзоре S. G. Hughes, посвященном болезням глаз, которые возникают вследствие несовершенства кормов для лососевых рыб, рассматриваются шесть видов патологии. К их числу относится дефицит рибофлавина (витамин B₂), тиамина (витамин B₁), витамина A, серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина), триптофана и цинка. В случаях патологии глаз общими являются три основных признака: катаракта, кератопатия и экзофтальмия. При этом бывают поражены оба глаза [2].

Так, при недостатке в корме рибофлавина (витамина B₂) у рыб отмечали помутнение хрусталика, а иногда и разрыв роговицы, сращение хрусталика с роговицей. Гистологическим методом выявляли утолщение роговицы, а также васкуляризацию, гиалинизацию и дегенерацию субэпителиальных слоев хрусталика. Все эти изменения приводили к потере его прозрачности. Последствиями дефицита тиамина (витамина B₁) у лососевых рыб являются помутнение и воспаление роговицы, слепота. Патологические изменения в глазах отмечены в экспериментальных условиях при недостатке в рационе витамина A у гольца и радужной форели. У радужной форели выявляли помутнение роговицы, хрусталика и светобоязнь. Добавление в корм бета-каротина предупреждало поражение глаз только в теплой воде (выше 12,4 °C), однако при более низкой температуре воды такого лечебного эффекта не наблюдалось [36].

Экзофтальмия глаз возникала при недостатке аскорбиновой кислоты и токоферола (витамин E) [37, 38].

К глазным патологиям у рыб приводит дефицит серосодержащих аминокислот в корме: метионина, цистеина, триптофана. Их недостаток способствует помутнению хрусталика и вовлекает в дегенеративный процесс прилегающие ткани глаза рыбы. Японские ученые установили, что при кормлении дефицитным по цинку рационом у радужной форели развивается катаракта. Уже возникшая катаракта не исчезала даже в том случае, когда рыбы начинали получать корм с достаточным количеством цинка. Потребность в цинке у рыб составляет 15–30 мг/кг корма [36, 39].

Помутнение роговицы и хрусталика наблюдали при обнаружении в глазах молоди атлантического лосося плесневых грибов. Источником заражения являлись недоброкачественные гранулированные корма, а заболевание имело системный характер, в том числе плесневые грибы образовывали мицелий и в глазах рыб [40].

Уже с начала XXI века решение проблемы полноценного кормления при выращивании ценных видов рыб (лососевых, сиговых) в условиях аквакультуры значительно снизило количество рыб с поражением глаз и улучшило эпизоотическую ситуацию на лососевых рыбоводных заводах Мурманской области и Республики Карелии.

Водные токсикозы. Водная среда часто загрязняется продуктами переработки нефти, пестицидами, химическими красителями, нитратами, солями тяжелых металлов [41]. В аквакультуре для оценки токсичности химических и других соединений в качестве тест-органа используется хрусталик глаза рыбы [42, 43]. В этом направлении проведены экспериментальные исследования, которые показали, что хрусталик рыбы обладает высокой чувствительностью к антропогенным факторам. Исследовано воздействие на рыбу таких промышленных токсикантов, как трихлорбензол, нитробензол, 3-нафтол и соли тяжелых металлов (свинец, медь, цинк). Было обнаружено, что данные токсические соединения вызывают изменение пролиферативной активности в эпителии хрусталика [44]. Установлено влияние воздействия токсикантов на цитодифференцировку, а также на изменение биохимического состава и оптических свойств в ядре и коре хрусталика (уменьшение оптической плотности ядра хрусталика). Отмечены также особенности реагирования различных зон цитодифференцировки эпителия хрусталика рыб на ряд токсических соединений (бензолные, неорганические и соли тяжелых металлов), заключающиеся в том, что происходит ингибирование или стимулирование митотической активности в герминативной зоне эпителия хрусталика [41]. Образование и разрастание волокон ткани в дальнейшем приводит к катаракте.

Таким образом, токсическое воздействие водной среды также способствует развитию патологических процессов в глазах у рыб.

На Северо-Западе Российской Федерации наиболее неблагополучным по патологии глаз на протяжении нескольких лет (2017–2022 гг.) являлся Онежский рыбоводный завод. По результатам наших многолетних исследований основной причиной возникающих патологий у лососевых рыб на этом предприятии являлось качество поступающей воды. При клиническом исследовании выпадение глаз отмечалось у сеголеток

и двухлеток атлантического лосося (*Salmo salar*) и кумжи (*Salmo trutta*). Наиболее высокий уровень поражения глаз наблюдали среди двухлеток атлантического лосося (семги) – от 8 до 20%. В 2023 г. процент рыб с поражением глаз был минимальным (около 1%). При этом у рыб с выпадением одного или двух глаз отмечали осветление жабр, более светлую печень рыхлой консистенции, желчный пузырь с желтой желчью, почернение заднего отдела почек. При микроскопическом исследовании соскобов из заглазничной области выпавшего глазного яблока обнаруживали большое количество бактерий кокковидной и палочковидной формы. После бактериологических посевов на питательные среды содержащего глазного дна регистрировали рост колоний бактерий родов *Staphylococcus*, *Flavobacterium* (*Flexibacter*), *Pseudomonas*. Основным источником водоснабжения Онежского рыбного завода – Андозеро. Установлено, что метеорологические условия в летний период приводят к его обмелению, в результате чего вода, поступающая на завод, содержит большое количество неорганических взвесей. Температура воды в летний период повышается и уровень кислорода падает до 3,3–3,5 мг/л. Возможно, именно эти факторы способствовали возникновению и развитию патологических процессов в области глаза у лососевых рыб с дальнейшим выпадением глазного яблока, как правило, с левой стороны. Для стабилизации качества воды и температурного режима в бассейнах необходима реконструкция системы водоподдачи с установкой охлаждающего оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выращивании различных видов рыб в условиях аквакультуры появляется риск возникновения различных патологических процессов. Среди факторов, способствующих развитию патологического процесса в глазах у рыб, важными являются болезнетворные микроорганизмы, несбалансированные корма, токсические вещества. Несмотря на то что количество российских и зарубежных публикаций в мире по проблеме патологии глаз лососевых рыб носит ограниченный характер, из проведенного обзора литературы можно сделать вывод, что болезни, приводящие к потере зрения у рыб, являются актуальной проблемой на рыбных заводах и фермах во всем мире.

Во многих описаниях инфекционных и алиментарных заболеваний используется термин «экзофтальмия» («пучеглазие»), поэтому очевидно, что экзофтальмия является всеобъемлющим термином для многих заболеваний и самым распространенным патологическим состоянием, которое может наблюдаться в глазах рыб.

Для предупреждения проблем, связанных с болезнями глаз, необходимо контролировать эпизоотическую ситуацию. Важен комплексный подход, который включает оценку водоисточника, контроль качества поступающей воды в период инкубации икры и выращивания личинки до взрослой особи, использование сбалансированных кормов для лососевых рыб, ихтиопатологический контроль за иммунофизиологическим статусом рыбы, проведение профилактических мероприятий по предупреждению инфекционных и инвазионных болезней рыб. Это позволит контролировать ситуацию и свести к минимуму риск возникновения различных болезней глаз у лососевых рыб в условиях аквакультуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bruno D. W., Raynard R. S. The effect of water temperature on eye opacity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1994; 14 (3): 86–88.
- Hughes S. G. Nutritional eye diseases in salmonids: a review. *Progressive Fish-Culturist*. 1985; 47 (2): 81–85. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1985\)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1985)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2)
- Ferguson H. Cataracts in fish – gross pathology and histopathology. *Fish Pathology*. 2022. <https://fishhistopathology.com/?p=2697>
- Марченко А. М., Родина Т. Е. Смешанная инфекция каспийской кумжи, вызванная *Renibacterium salmoninarum* и неизвестным фильтрующим агентом. *Паразиты и болезни рыб: тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по паразитам и болезням рыб (Петрозаводск, март 1991 г.)*. Л.: Зоологический институт АН СССР; 1990; 82–83.
- Можарова А. И., Бычкова Л. И. Санитарно-эпизоотическое состояние лососевых рыбозаводных заводов Северного бассейна. *Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура: Болезни рыб*. М.: ВНИЭРХ; 1996; (1): 1–7.
- Мирзоева Л. М. Эпизоотическое состояние лососевых ферм Норвегии. *Рыбное хозяйство. Серия: Болезни гидробионтов в аквакультуре*. М.: ВНИЭРХ; 2001; (1): 31–35.
- Hargis W. J. Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*. 1991; 1: 95–117. <https://doi.org/10.1016/0959-8030%2891%2990025-F>
- Shahin K., Veek T., Heckman T. I., Littman E., Mukkatira K., Adkison M., et al. Isolation and characterization of *Lactococcus garvieae* from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, from California, USA. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (4): 2326–2343. <https://doi.org/10.1111/tbed.14250>
- Egusa S. Infectious diseases of fish. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd.; 1992. 696 p.
- Bruno D. W., Noguera P. A., Poppe T. T. A colour atlas of salmonid diseases. Springer Dordrecht; 2013. 211 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2010-7>
- Boerlage A. S., Elghafghuf A., Stryhn H., Sanchez J., Hammel K. L. Risk factors associated with time to first clinical case of Bacterial Kidney Disease (BKD) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018; 149: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.014>
- Ferguson H. W., Hawkins L., MacPhee D. D., Bouchard D. Choroiditis and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) recovering from subzero water temperatures. *Veterinary Record*. 2004; 155 (11): 333–334. <https://doi.org/10.1136/vr.155.11.333>
- Bjerkås E., Waagbø R., Sveier H., Breck O., Bjerkås I., Bjørnstad E., Maage A. Cataract development in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in fresh water. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1996; 37 (3): 351–360. <https://doi.org/10.1186/bf03548101>
- Рахонен Р., Веннерстрем П., Ринтамяки П., Каннел Р. Здоровая рыба: профилактика, диагностика и лечение болезней. 2-е изд., перераб. и доп. Хельсинки: НИИ охотничьего и рыбного хозяйства, 2013. 177 с.
- Мирзоева Л. М. Вирусное заболевание мозга и глаз молоди латуса. *Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура: Болезни рыб*. М.: ВНИЭРХ; 1997; (2): 24–26.
- Doan Q. K., Vandeputte M., Chatain B., Morin T., Allal F. Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40 (5): 717–742. <https://doi.org/10.1111/jfd.12541>
- Марченко А. М., Щелкунов И. С., Кадошников Ю. П. Обнаружение вирусоподобного агента в поражении роговицы каспийской кумжи. *Научно-технические проблемы мариккультуры в стране: тезисы докладов Всесоюзной конференции (Владивосток, 23–28 октября 1989 г.)*. Владивосток; ТИНРО; 1989; 177–178.
- Алексюк М. С., Алексюк П. Г., Боговяленский А. П., Аканова К. С., Молдаханов Е. С., Манакбаева А. Н. и др. Изучение разнообразия вирусных рыб в акватории центрального Каспийского моря методом метатранскриптомного секвенирования. *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. 2023; 75 (2): 65–77. <https://doi.org/10.26577/EJE.2023.v75.i2.06>
- Aguilar M., Isla A., Barrientos C. A., Flores-Martin S. N., Blanco J. A., Enríquez R., et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from *Renibacterium salmoninarum*: Characteristics in virulence patterns. *Microbial Pathogenesis*. 2023; 174:105932. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105932>
- Kaur S., Kaur H., Kaur B., Naveen Kumar B. T., Tyagi A., Singh P., et al. Isolating pathogenic multidrug-resistant *Aeromonas hydrophila* from diseased fish and assessing the effectiveness of a novel lytic *Aeromonas veronii* bacteriophage (AVP3) for biocontrol. *Microbial Pathogenesis*. 2024; 196:106914. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106914>
- Irshath A. A., Rajan A. P., Vimal S., Prabhakaran V. S., Ganesan R. Bacterial pathogenesis in various fish diseases: Recent advances and specific challenges in vaccine development. *Vaccines*. 2023; 11 (2):470. <https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>
- Карасева Т. А., Сердюк А. В., Логинова Г. А. Стрептококковая инфекция на лососевых хозяйствах Европейского Севера. *Сборник научных трудов ГосНИОРХ*. 1992; 331: 120–124.
- Карасева Т. А. Стрептококкоз лососевых рыб. *Рыбное хозяйство. Серия: Болезни гидробионтов в аквакультуре*. М.: ВНИЭРХ; 2001; (1): 10–21.

24. Хоулт Дж., Криг Н., Снит П. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 1. М.: Мир; 1997. 432 с.
25. Luo X., Fu X., Liao G., Chang O., Huang Z., Li N. Isolation, pathogenicity and characterization of a novel bacterial pathogen *Streptococcus uberis* from diseased mandarin fish *Siniperca chuatsi*. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 107: 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.03.049>
26. Sindermann C. J. Disease in marine aquaculture. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. 1984; 37 (1–4): 505–532. <https://doi.org/10.1007/BF01989327>
27. Noga E. J. Fish disease: Diagnosis and treatment. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2010. 544 p. <https://doi.org/10.1002/9781118786758>
28. Austin B., Austin D. A. Bacterial fish pathogens. Diseases of farmed and wild fish. 4th ed. Chichester: Springer Praxis Publishing; 2007. 552 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6069-4>
29. Egidius E. Vibriosis: Pathogenicity and pathology. A review. *Aquaculture*. 1987; 67 (1–2): 15–28. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90004-4)
30. Kent M. L., Poppe T. T. Infectious diseases of coldwater fish in marine and brackish water. In: *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. Ed. by P. T. K. Woo, W. Bruno, L. H. S. Lim. 2nd ed. Oxfordshire: CAB International; 2002; 61–105. <https://doi.org/10.1079/9780851994437.0061>
31. Ларцева Л. В., Пивоваров Ю. П. Экологическая эпидемиология: монография. Астрахань: Астраханский государственный университет; 2007. 187 с.
32. Ларцева Л. В. Природная очаговость аэромоназов и вибриозов. *Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий: материалы III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 20–21 мая 2010 г.)*. Астрахань: Астраханский государственный университет; 2010; 123–126.
33. Висманис К. О., Лулла А. В., Йыгис В. А., Туровский А. М., блн А. И. Болезни лососевых в морских садках Прибалтики и их профилактика. В кн.: *Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб*. М.: Наука; 1984; 56–63.
34. Карасева Т. А., Голикова Л. Н. Новые и редко встречающиеся болезни радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walb.). *Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы IV Национальной научно-практической конференции (Калининград, 8–10 октября 2019 г.)*. Саратов: Амирит; 2019; 117–121. <https://elibrary.ru/bgarie>
35. Карасева Т. А. Патологии глаз у морских и пресноводных рыб Северного бассейна. *Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: сборник материалов IV (XXVII) международной конференции (Вологда, 5–10 декабря 2005 г.)*. Ч. 1. Вологда: Вологодский ГПУ; 2005; 170–172.
36. Родина Т. Е. Поражения глаз лососевых рыб, обусловленные недостатком некоторых компонентов корма. *Рыбное хозяйство. Серия: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов*. М.: ВНИЭРХ; 1989; (4): 6–13.
37. Halver J. E., Smith R. R., Tolbert B. M., Baker E. M. Utilization of ascorbic acid in fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1975; 258 (1): 81–102. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1975.tb29270.x>
38. Wang K., Wang E., Qin Z., Zhou Z., Geng Y., Chen D. Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. *Oncotarget*. 2016; 7 (51): 83869–83879. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.13729>
39. Kubota S. S. Cataract in fishes: Pathological changes in the lens. *Fish Pathology*. 1976; 10 (2): 191–197. <https://doi.org/10.3147/jfsp.10.191>
40. Карасева Т. А., Голикова Л. Н. Оценка зараженности гранулированных кормов грибами и их роль в возникновении патологии у культивируемых лососевых рыб. *Современная микология в России: материалы 4-го Съезда микологов России (Москва, 12–14 апреля 2017 г.)*. 2017; 7: 167–169.
41. Лесников Л. А. Разработка нормативов допустимого содержания вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов. *Сборник научных трудов ГосНИОРХ*. 1979; 144: 3–41.
42. Симаков Ю. Г., Никифоров-Никишин А. Л., Стебельков В. А., Архипов С. Ю. Изменения содержания элементов в хрусталике данио и окуня под влиянием загрязнения водной среды. *Водные биоресурсы, воспроизводство и экология гидробионтов: сборник научных трудов*. М.: ВНИИПРХ; 1992; 66: 92–96.
43. Никифоров-Никишин А. Л., Кулаев С. Н. Воздействие токсикантов на динамику вещества у рыб. *Вторая Всесоюзная конференция по рыбохозяйственной токсикологии, посвященная 100-летию проблемы качества воды в России (Санкт-Петербург, ноябрь 1991 г.): тезисы докладов*. СПб.: ГосНИОРХ; 1991; 71–74.
44. Никифоров-Никишин А. Л. Морфологические и биохимические aberrации в хрусталике глаза рыб под воздействием антропогенных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.; 2000. 23 с.
2. Hughes S. G. Nutritional eye diseases in salmonids: a review. *Progressive Fish-Culturist*. 1985; 47 (2): 81–85. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1985\)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1985)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2)
3. Ferguson H. Cataracts in fish – gross pathology and histopathology. *Fish Pathology*. 2022. <https://fishhistopathology.com/?p=2697>
4. Marchenko A. M., Rodina T. E. Smeshannaya infektsiya kaspiskoi kumzhi, vyzvannaya *Renibacterium salmoninarum* i neizvestnym fil'truyushchim agentom = Mixed infection in Caspian trout caused by *Renibacterium salmoninarum* and an unidentified filterable agent. *Parazity i bolezni ryb: tezisy dokladov IX Vsesoyuznogo soveshchaniya po parazitam i boleznyam ryb (Petrozavodsk, mart 1991 g.) = Parasites and diseases of fish: abstracts of the 9th All-Union Conference on Fish Parasitology and Pathology (Petrozavodsk, March 1991)*. Leningrad: Zoological Institute Academy of Sciences of the USSR; 1990; 82–83. (in Russ.)
5. Mozharova A. I., Bychkova L. I. Sanitarno-epizooticheskoe sostoyanie lososevykh rybovodnykh zavodov Severnogo basseina = Sanitary and epizootic status of salmonid fish hatcheries in the Northern Basin. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Akvakul'tura: Bolezni ryb*. Moscow: VNIERKH; 1996; (1): 1–7. (in Russ.)
6. Mirzoeva L. A. Epizooticheskoe sostoyanie lososevykh ferm Norvegii = Epizootic status of salmon farms in Norway. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Bolezni gidrobiontov v akvakul'ture*. Moscow: VNIERKH; 2001; (1): 31–35. (in Russ.)
7. Hargis W. J. Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*. 1991; 1: 95–117. [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90025-F](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90025-F)
8. Shahin K., Veek T., Heckman T. I., Littman E., Mukkatira K., Adkison M., et al. Isolation and characterization of *Lactococcus garvieae* from rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, from California, USA. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (4): 2326–2343. <https://doi.org/10.1111/tbed.14250>
9. Egusa S. Infectious diseases of fish. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd.; 1992. 696 p.
10. Bruno D. W., Noguera P. A., Poppe T. T. A colour atlas of salmonid diseases. Springer Dordrecht; 2013. 211 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2010-7>
11. Boerlage A. S., Elghafghuf A., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K. L. Risk factors associated with time to first clinical case of Bacterial Kidney Disease (BKD) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018; 149: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.014>
12. Ferguson H. W., Hawkins L., MacPhee D. D., Bouchard D. Choroiditis and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) recovering from subzero water temperatures. *Veterinary Record*. 2004; 155 (11): 333–334. <https://doi.org/10.1136/vr.155.11.333>
13. Bjerkås E., Waagbø R., Sveier H., Breck O., Bjørnstad E., Maage A. Cataract development in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in fresh water. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1996; 37 (3): 351–360. <https://doi.org/10.1186/bf03548101>
14. Rahkonen R., Vannerström P., Rintamäki P., Kannel R. Terve kala, Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. 2. uud. painos. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos; 2013. 140 s. (in Finnish)
15. Lituzoyeva L. M. Virusnoe zabolevanie mozga i glaz molodi paltusa = Viral disease of brain and eyes in juvenile halibut. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Akvakul'tura: Bolezni ryb*. Moscow: VNIERKH; 1997; (2): 24–26. (in Russ.)
16. Doan Q. K., Vandeputte M., Chatain B., Morin T., Allal F. Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40 (5): 717–742. <https://doi.org/10.1111/jfd.12541>
17. Marchenko A. M., Shchelkunov I. S., Kadoshnikov Yu. P. Obnaruzhenie virusopodobnogo agenta v porazheniyakh rogovitykh kaspiskoi kumzhi = Detection of a virus-like agent in corneal lesions of Caspian trout. *Nauchno-tehnicheskie problemy marikul'tury v strane: tezisy dokladov Vsesoyuznoi konferentsii (Vladivostok, 23–28 oktyabrya 1989 g.) = Scientific and technical challenges in mariculture: abstracts of the All-Union Conference Proceedings (Vladivostok, 23–28 October 1989)*. Vladivostok: Pacific Research Institute for Fishery and Oceanography; 1989; 177–178. (in Russ.)
18. Alexyuk M., Alexyuk P., Bogoyavlenskiy A., Akanova K., Moldakhonov Y., Manakbayeva A., et al. Study of the diversity of fish viruses in the water area of the Central Caspian Sea by the method of metagenomic sequencing. *Eurasian Journal of Ecology*. 2023; 75 (2): 65–77. <https://doi.org/10.26577/EJE.2023.v75.i2.06> (in Russ.)
19. Aguilar M., Isla A., Barrientos C. A., Flores-Martin S. N., Blanco J. A., Enríquez R., et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from *Renibacterium salmoninarum*: Characteristics in virulence patterns. *Microbial Pathogenesis*. 2023; 174:105932. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105932>
20. Kaur S., Kaur H., Kaur B., Naveen Kumar B. T., Tyagi A., Singh P., et al. Isolating pathogenic multidrug-resistant *Aeromonas hydrophila* from diseased fish and assessing the effectiveness of a novel lytic *Aeromonas veronii* bacteriophage (AVP3) for biocontrol. *Microbial Pathogenesis*. 2024; 196:106914. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106914>
21. Irshath A. A., Rajan A. P., Vimal S., Prabhakaran V.-S., Ganesan R. Bacterial pathogenesis in various fish diseases: Recent advances and specific challenges in vaccine development. *Vaccines*. 2023; 11 (2):470. <https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>

REFERENCES

1. Bruno D. W., Raynard R. S. The effect of water temperature on eye opacity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1994; 14 (3): 86–88.

22. Karaseva T. A., Serdyuk A. V., Loginova G. A. Streptokokkovaya infektsiya na lososevykh khozyaistvakh Evropeiskogo Severa = Streptococcus in salmonid aquaculture facilities of the European North. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH*. 1992; 331: 120–124. (in Russ.)
23. Karaseva T. A. Streptokokkoz lososevykh ryb = Streptococcal infection in salmonids. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Bolezni gidrobiontov v akvakulture*. Moscow: VNIERKH; 2001; (1): 10–21. (in Russ.)
24. Holt J. G., Krieg N. R., Sneath P. H. A., Staley J. T., Williams S. T. Bergey's manual of determinative bacteriology. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. 787 p.
25. Luo X., Fu X., Liao G., Chang O., Huang Z., Li N. Isolation, pathogenicity and characterization of a novel bacterial pathogen *Streptococcus uberis* from diseased mandarin fish *Siniperca chuatsi*. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 107: 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.03.049>
26. Sindermann C. J. Disease in marine aquaculture. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. 1984; 37 (1–4): 505–532. <https://doi.org/10.1007/BF01989327>
27. Noga E. J. Fish disease: Diagnosis and treatment. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2010. 544 p. <https://doi.org/10.1002/9781118786758>
28. Austin B., Austin D. A. Bacterial fish pathogens. Diseases of farmed and wild fish. 4th ed. Chichester: Springer Praxis Publishing; 2007. 552 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6069-4>
29. Egidius E. Vibriosis: pathogenicity and pathology. A review. *Aquaculture*. 1987; 67 (1–2): 15–28. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90004-4)
30. Kent M. L., Poppe T. Infectious diseases of coldwater fish in marine and brackish water. In: *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. Ed. by P. T. K. Woo, W. Bruno, L. H. S. Lim. 2nd ed. Oxfordshire: CAB International; 2002; 61–105. <https://doi.org/10.1079/9780851994437.0061>
31. Lartseva L. V., Pivovarov Yu. P. Ecological epidemiology: a monograph. Astrakhan: Astrakhan State University; 2007. 187 p. (in Russ.)
32. Lartseva L. V. Prirodnyaya ochagovost' aeromonozov i vibriozov = Environmental persistence of aeromonosis and vibriosis. *Ekologicheskie problemy prirodnykh i urbanizirovannykh territorii: materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Astrakhan, 20–21 maya 2010 g.) = Ecological challenges of natural and urbanized areas: proceedings of the 3rd International Science to Practice Conference (Astrakhan, May 20–21, 2010)*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2010; 123–126. (in Russ.)
33. Vismanis K. O., Lullu F. V., Iygis V. A., Turovsky A. M., Yun A. I. Diseases of salmonids in Baltic Sea cages and their prevention. In: *Biological foundations of aquaculture: fish parasites and diseases*. Moscow: Nauka; 1984; 56–63. (in Russ.)
34. Karaseva T. A., Golikova L. N. Novye i redko vstrechayushchiesya bolezni raduzhnoi foreli (*Parasalmo mykiss* Walb.) = Emerging and rare diseases in rainbow trout (*Parasalmo mykiss* Walb.). *Sostoyanie i puti razvitiya akvakul'tury v Rossiiskoi Federatsii: materialy IV Natsionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Kaliningrad, 8–10 oktyabrya 2019 g.) = State and development prospects of aquaculture in the Russian Federation: proceedings of the 4th National Science to Practice Conference (Kaliningrad, 8–10 October 2019)*. Saratov: Amirit; 2019; 117–121. <https://elibrary.ru/bgarie> (in Russ.)
35. Karaseva T. A. Patologii glaz u morskikh i presnovodnykh ryb Severnogo basseina = Ocular pathologies in marine and freshwater fish of the Northern Basin. *Biological resources of the White Sea and inland waters of European North: Proceedings of the IV (XXVII) International conference (Vologda, December 5–10, 2005). Part 1*. Vologda: Vologda State Pedagogical University; 2005; 170–172. (in Russ.)
36. Rodina T. E. Porazheniya glaz lososevykh ryb, obuslovlennyye nedostatkom nekotorykh komponentov korma = Ocular lesions in salmonid fish associated with dietary component deficiencies. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Rybokhozyaistvennoe ispol'zovanie vnutrennikh vodoemov*. Moscow: VNIERKH; 1989; (4): 6–13. (in Russ.)
37. Halver J. E., Smith R. R., Tolbert B. M., Baker E. M. Utilization of ascorbic acid in fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1975; 258 (1): 81–102. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1975.tb29270.x>
38. Wang K., Wang E., Qin Z., Zhou Z., Geng Y., Chen D. Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. *Oncotarget*. 2016; 7 (51): 83869–83879. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.13729>
39. Kubota S. S. Cataract in fishes: Pathological changes in the lens. *Fish Pathology*. 1976; 10 (2): 191–197. <https://doi.org/10.3147/jsfp.10.191>
40. Karaseva T. A., Golikova L. N. Otsenka zarazhennosti granulirovannykh kormov gribami i ikh rol' v vozniknovenii patologii u kul'tiviruemyykh lososevykh ryb = Assessment of fungal contamination in pelleted feeds and its role in pathology development in farmed salmonids. *Current mycology in Russia: proceedings of the 4th Congress of Mycologists of Russia (Moscow, April 12–14, 2017)*. 2017; 7: 167–169. (in Russ.)
41. Lesnikov L. A. Razrabotka normativov dopustimogo soderzhaniya vrednykh veshchestv v vode rybokhozyaistvennykh vodoemov = Development of permissible limits for harmful substances in water of fishery reservoirs. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH*. 1979; 144: 3–41. (in Russ.)
42. Simakov Yu. G., Nikiforov-Nikishin A. L., Stebel'kov V. A., Arkhipov S. Yu. Izmeneniya soderzhaniya elementov v khrustalike danio i okunya pod vliyaniem zagryazneniya vodnoi sredy = Dynamics of elemental composition in zebrafish and perch lenses under aquatic pollution exposure. *Vodnye biosursy, vosproizvodstvo i ekologiya gidrobiontov: sbornik nauchnykh trudov = Aquatic biological resources, aquatic organism reproduction and ecology: collected scientific works*. Moscow: VNIIPRKH; 1992; 66: 92–96. (in Russ.)
43. Nikiforov-Nikishin A. L., Kulaev S. N. Vozdeistvie toksikantov na dinamiku veshchestva u ryb = Toxicant exposure impacts on substance dynamics in fish. *Vtoraya Vsesoyuznaya konferentsiya po rybokhozyaistvennoi toksikologii, posvyashchennaya 100-letiyu problemy kachestva vody v Rossii (Sankt-Peterburg, noyabr' 1991 g.): tezisy dokladov = Second All-Union Conference on Aquaculture Toxicology devoted to 100-year mark of water quality issue in Russia (Saint Petersburg, November 1991): proceedings*. Saint Petersburg: GosNIORKH; 1991; 71–74. (in Russ.)
44. Nikiforov-Nikishin D. L. Morphological and biochemical aberrations in fish eye lenses induced by anthropogenic factors: Author's abstract of thesis for degree of Cand. Sci. (Biology). Moscow; 2000. 23 p. (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 20.11.2024

Поступила после рецензирования / Revised 20.01.2025

Принята к публикации / Accepted 13.03.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бычкова Лариса Ивановна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-4054-2408>, larabychkova@mail.ru

Карасева Татьяна Альфредовна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аквакультуры и болезней гидробионтов «ПИНРО» им. Н. М. Книповича, г. Мурманск, Россия; <https://orcid.org/0009-0003-2403-6040>, karaseva@pinro.vniro.ru

Пыльнов Владимир Александрович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-9776-8523>, pylnov@vniro.ru

Larisa I. Bychkova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-4054-2408>, larabychkova@mail.ru

Tatyana A. Karaseva, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Aquaculture and Diseases of Aquatic Organisms, Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia; <https://orcid.org/0009-0003-2403-6040>, karaseva@pinro.vniro.ru

Vladimir A. Pylnov, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-9776-8523>, pylnov@vniro.ru

Вклад авторов: Бычкова Л. И. – работа с литературой, подготовка текста, анализ и обобщение; Карасева Т. А. – редактирование текста, подбор литературных источников, подготовка текста, анализ и обобщение; Пыльнов В. А. – администрирование, редактирование, анализ текста.

Contribution of the authors: Bychkova L. I. – work with literature, text preparation, analysis and generalization; Karaseva T. A. – text editing, selection of published sources, text preparation, analysis and generalization; Pylnov V. A. – administration, editing, text analysis.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-148-155>
УДК 619:616.9:636.4:616-036.22(675.97)



Эпизоотическая ситуация по заразным болезням свиней в Республике Бурунди

А. Г. Кощаев¹, Х. Нийонгабо¹, Н. Е. Горковенко¹, К. Нимбона², Ж.-Б. Нтирандекура²

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ), ул. им. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Россия

² Университет Бурунди, Avenue de l'UNESCO, 2, г. Бужумбура, В. Р. 1550, Республика Бурунди

РЕЗЮМЕ

Введение. В Бурунди, где 80% жителей занимается животноводством, преобладают отрасли с коротким циклом воспроизводства (свиноводство, птицеводство). Несмотря на государственные меры поддержки и ежегодный прирост численности поголовья свиней, в стране не удается обеспечить население животноводческой продукцией в полной мере. Это связано с тем, что в отрасли существует немало проблем, среди которых первое место занимают заразные болезни животных. Вспышки инфекционных заболеваний могут иметь катастрофические последствия для населения страны, связанные с подрывом продовольственной безопасности, потерей доступа к животному белку, повышением себестоимости животноводческого производства из-за необходимости применения дорогостоящих мер по борьбе с заболеваниями, последствиями для здоровья человека в случае возникновения зоонозов.

Цель исследования. Изучение нозологического профиля заразной патологии свиней, выявление причин, способствующих инфицированию животных, и оценка эпизоотической ситуации по роже свиней в Республике Бурунди за период с 2018 по 2023 г.

Материалы и методы. Для анализа эпизоотической обстановки по заразным болезням свиней использовали данные ежегодных отчетов Генерального управления животноводства, а также результаты исследований Национальной ветеринарной лаборатории Республики Бурунди за 2018–2023 гг. В процессе работы выполняли ретроспективный и эпизоотологический анализ, применяли методы вариационной статистики.

Результаты. Проведенный анализ показал широкое распространение паразитарных болезней свиней, что связано с особенностями экваториального климата. В общей структуре заразных болезней инвазии занимают лидирующее место с ростом от 81,2% в 2018 г. до 92,8% в 2023 г. На втором месте по распространению находятся инфекционные болезни бактериальной этиологии – от 3,6% в 2018 г. до 6,3% в 2023 г. Выявлено стабильно растущее число случаев рожи свиней: в 2023 г. зарегистрировано в 1,7 раза больше случаев по сравнению с 2022 г. и в 7 раз больше по сравнению с 2020 г. При этом с каждым годом возрастает количество провинций, где выявляют данное заболевание. В настоящее время в 12 из 18 провинций Бурунди регистрируется рожа свиней.

Заключение. Республика Бурунди ежегодно несет большие убытки от гибели животных в результате вспышек заболеваний инфекционной природы. При отсутствии в стране специфической профилактики заразных болезней, в частности рожи, слабом контроле со стороны ветеринарной службы за перемещениями животных между домохозяйствами инфекции быстро распространяются. Поэтому изучение эпизоотической ситуации и разработка мер для ее стабилизации в конкретных условиях является важной научной и практической задачей для обеспечения биологической и продовольственной безопасности.

Ключевые слова: свиноводство, социально-экономические факторы, климатические факторы, инвазионные болезни, бактериальные инфекции, рожа свиней, Республика Бурунди

Благодарности: Работа выполнена в рамках темы НИОКР «Совершенствование методов диагностики, лечения и профилактики болезней продуктивных животных, птиц и пушных зверей» (регистрационный номер 121032300041-1). Авторы выражают глубокую признательность директору Управления охраны здоровья животных Республики Бурунди Нтакирутимана Дезире за предоставленные статистические данные ежегодных отчетов по животноводству; начальнику Национальной ветеринарной лаборатории г. Бужумбуры Нийонквизера Паскалю за возможность использовать результаты лабораторных исследований.

Для цитирования: Кощаев А. Г., Нийонгабо Х., Горковенко Н. Е., Нимбона К., Нтирандекура Ж.-Б. Эпизоотическая ситуация по заразным болезням свиней в Республике Бурунди. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 148–155. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-148-155>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Горковенко Наталья Евгеньевна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, ул. им. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Россия, gorkovenko.n@kubsau.ru

Epizootic situation on contagious porcine diseases in the Republic of Burundi

Andrey G. Koshchaev¹, Herménégilde Niyongabo¹, Natalya E. Gorkovenko¹, Constantin Nimbona², Jean-Bosco Ntirandekura²

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 13 Kalinina str., Krasnodar 350044, Russia

² University of Burundi, 2 Avenue de l'UNESCO, Bujumbura B. P. 1550, Republic of Burundi

ABSTRACT

Introduction. In Burundi, where 80% of the population are engaged in livestock farming, industries with short reproduction cycles (pig farming, poultry farming) prevail. Despite government support measures and annually increasing pig population, the country has been unable to fully meet the demand for livestock products.

© Кощаев А. Г., Нийонгабо Х., Горковенко Н. Е., Нимбона К., Нтирандекура Ж.-Б., 2025

This is due to numerous problems in the sector, with infectious animal diseases being the primary issue. Infectious disease outbreaks can have catastrophic consequences for the human population, including threats to food security, loss of access to animal protein, increased production costs due to the need for expensive disease control measures, and risks to human health in case of zoonotic diseases.

Objective. The aim is to study the nosological profile of porcine infectious diseases, identify factors contributing to animal infections and assess the swine erysipelas epizootic situation in the Republic of Burundi from 2018 to 2023.

Materials and methods. Data of annual reports of the General Directorate of Animal Health and test results of the National Veterinary Laboratory of Burundi (2018–2023) were used to analyze the epizootic situation on infectious porcine diseases. Retrospective and epizootiological analyses were conducted and variational statistical methods were applied.

Results. The analysis revealed a high prevalence of porcine parasitic diseases, which is attributed to the equatorial climate. Within the overall structure of infectious diseases, parasitic infestations ranked first, growing from 81.2% in 2018 to 92.8% in 2023. Bacterial infections were the second most widespread, rising from 3.6% in 2018 to 6.3% in 2023. A steady increase in swine erysipelas cases was observed: in 2023 the number of cases was 1.7 times higher than in 2022 and seven times higher than in 2020. Moreover, the number of provinces where the disease is detected is annually growing. Swine erysipelas is currently reported in 12 out of 18 Burundian provinces.

Conclusion. The Republic of Burundi suffers significant annual losses due to animal deaths caused by infectious disease outbreaks. In the absence of specific disease prevention measures (particularly for erysipelas) and weak veterinary control of animal movements between households, infections spread rapidly. Therefore, studying the epizootic situation and developing measures to stabilize it under local conditions is a crucial scientific and practical task for ensuring biological and food security.

Keywords: pig farming, socio-economic factors, climatic factors, parasitic diseases, bacterial infections, swine erysipelas, Republic of Burundi

Acknowledgements: This study was carried out as part of the research and development project “Improving methods of diagnosis, treatment and prevention of diseases in food-producing animals, poultry and fur animals” (Registration No. 121032300041-1). The authors express their deep gratitude to Dr. Ntakirutimana Désiré, Director of Animal Health Department of Burundi, for providing statistical data from annual livestock reports, and to Dr. Niyokwizera Pascal, Head of the National Veterinary Laboratory in Bujumbura, for access to laboratory test results.

For citation: Koshchaev A. G., Niyongabo H., Gorkovenko N. E., Nimbona C., Ntirandekura J.-B. Epizootic situation on contagious porcine diseases in the Republic of Burundi. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 148–155. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-148-155>

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

For correspondence: Natalya E. Gorkovenko, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Microbiology, Epizootology and Virology, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 13 Kalinina str., Krasnodar 350044, Russia, gorkovenko.n@kubsau.ru

ВВЕДЕНИЕ

Республика Бурунди расположена в Восточной Африке между бассейном реки Конго и восточными горными районами. Государство граничит с Руандой на севере, Танзанией – на востоке, Демократической Республикой Конго – на Западе, часть западной границы проходит по озеру Танганьика. Территория страны представляет высокогорное плато со значительными перепадами высот (от 772 до 2684 м над уровнем моря), климат экваториальный.

В силу особенностей рельефа Бурунди отличается большим разнообразием природно-климатических зон. Среднегодовая температура колеблется от 17 до 23 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 1500 мм. Сезоны дождей – с февраля по май и с сентября по декабрь [1, 2].

Население республики насчитывает около 13,2 млн человек (2023 г.). Бурунди является страной с высокой плотностью населения – 442 чел/км²; 80% жителей заняты в сельскохозяйственном секторе. При этом подсектор животноводства обеспечивает 14% национального внутреннего валового продукта и 29% сельскохозяйственного внутреннего валового продукта. В то же время в стране отмечается сокращение площади пастбищных угодий. Все это вынуждает население Бурунди заниматься животноводством с коротким циклом воспроизводства, и многие фермеры проявляют интерес к свиноводству. Свиноводство и птицеводство постепенно вытесняют разведение крупного рогатого

скота, особенно в семьях с низким доходом. Более 79,2% домохозяйств владеют домашними животными, 12,9% из них имеют хотя бы одну свинью [3].

В течение последних нескольких лет правительство Республики Бурунди и его внешнеэкономические партнеры поддерживали свиноводческий сектор, в рамках сотрудничества реализованы проекты по выведению новых пород и созданы центры по разведению животных.

В соответствии с указом президента Республики Бурунди от 26.07.2018 № 100/087 «Об организации Министерства окружающей среды, сельского хозяйства и животноводства» в состав Главного управления животноводства входит 3 подразделения:

- управление по охране здоровья животных, в котором выделена единая служба Национальной ветеринарной лаборатории (NVL);
- управление по развитию животноводческих ферм, имеющее единую службу Национального центра искусственного осеменения (CNIA);
- управление по развитию рыболовства, имеющее единую службу Национального центра развития рыболовства и аквакультуры (CNDAPA).

Задача управления по охране здоровья животных заключается в борьбе с распространением болезней животных в целом и болезней домашних животных в частности [4].

Однако, несмотря на государственные меры поддержки, планируемый рост численности поголовья

свиней в стране не оправдал ожиданий. Это связано с тем, что в отрасли существует немало проблем, среди которых первое место занимают заразные болезни животных, в том числе зоонозы [5].

Одним из экономически значимых для свиноводства Бурунди заболеваний является рожа свиней. Инфекция распространяется среди здоровых свиней главным образом при употреблении в пищу зараженных кормов и воды [6, 7]. Возбудителем рожи свиней являются *Erysipelothrix* spp. – палочковидные грамположительные факультативно-анаэробные бактерии. К этому роду относятся всего восемь видов, среди них наиболее часто выделяют *Erysipelothrix rhusiopathiae* [8, 9, 10]. Основным резервуаром возбудителя инфекции являются свиньи, однако патоген также может быть выделен от домашних животных, рыб и птиц [11, 12]. У человека микроорганизм вызывает болезнь эризипелоид; обычно встречается у лиц, принадлежащих к определенным профессиональным группам, таким как ветеринары, мясники, фермеры и рыбаки [13, 14, 15]. Хотя инфекции, обусловленные *E. rhusiopathiae*, встречаются у людей нечасто, в последние годы зафиксировано увеличение числа случаев выделения этого возбудителя от человека [10, 16]. В настоящее время рожа свиней является одним из зоонозов, признанных Всемирной организацией здравоохранения [17].

Цель исследования заключалась в изучении нозологического профиля заразной патологии свиней, выявление причин, способствующих инфицированию животных, и оценке эпизоотической ситуации по роже свиней в Республике Бурунди за период с 2018 по 2023 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась на кафедре микробиологии, эпизоотологии и вирусологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» в рамках темы НИОКР «Совершенствование методов диагностики, лечения и профилактики болезней продуктивных животных, птиц и пушных зверей» (регистрационный номер 121032300041-1).

Для анализа эпизоотической ситуации по заразным болезням свиней в республике использовали данные ежегодных отчетов Генерального управления животноводства,

а также результаты исследований Национальной ветеринарной лаборатории Республики Бурунди за 2018–2023 гг. В процессе работы выполняли ретроспективный и эпизоотологический анализ, применяли методы вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ статистических данных развития свиноводства в Республике Бурунди показал, что численность поголовья за изучаемый период имеет тенденцию к постоянному росту (рис. 1). Это стало возможным благодаря усилиям государственных и частных организаций по созданию социально-экономических условий, направленных на поддержку домохозяйств, занимающихся выращиванием свиней [18]. В стране организована система безвозмездной передачи домашних свиней из центров по разведению животных непосредственно мелким фермерским хозяйствам и домохозяйствам (по «цепочкам солидарности»), которые, получив приплод, отдают такое же количество голов домохозяйствам, не имеющим животных.

Однако значительная часть поголовья свиней погибает из-за ненадлежащих условий содержания, таких как низкий уровень санитарного состояния свинарников, неудовлетворительное качество кормов, инфекционные болезни.

В домохозяйствах Бурунди преобладает безвыгульный тип содержания свиней. Следует отметить, что более 70% помещений для содержания свиней в домохозяйствах организованы без учета рекомендаций Всемирной организации здравоохранения животных (ВОЗЖ) [19], что служит одним из факторов возникновения и распространения инфекционных и инвазионных болезней. Большинство свинарников построены из деревянных материалов, щели промазываются глиной, крыша отсутствует или сделана из непрочного материала (традиционные помещения), при этом регулярная очистка, как правило, не осуществляется. Небольшую долю составляют свинарники, в которых выделены места для кормления животных, есть возможность смены подстилки и предусмотрен дренаж жидких биоотходов жизнедеятельности свиней из помещения, пол в таких постройках бетонирован, стены обычно делают

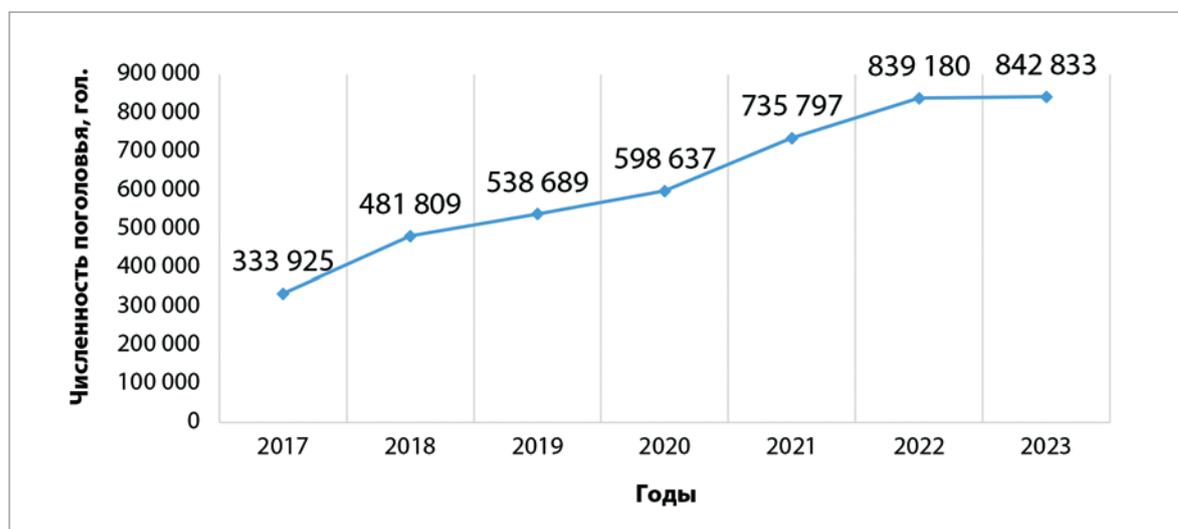


Рис. 1. Динамика численности свиней в Республике Бурунди с 2017 по 2023 г.

Fig. 1. Dynamics of pig population in the Republic of Burundi in 2017–2023



Рис. 2. Динамика соотношения количества традиционных и модернизированных помещений для содержания свиней в домохозяйствах Бурунди в 2018–2023 гг.

Fig. 2. Proportion of traditional to modernized pig housing in Burundi households from 2018 to 2023

из кирпича, крышу – из прочных материалов (модернизированные помещения).

На рисунке 2 отражено количественное соотношение традиционных и модернизированных помещений для содержания свиней.

Несмотря на общее увеличение числа свинарников, доля модернизированных снижается: с 29,85% в 2018 г. до 25,35% в 2023 г. с минимумом в 2019 г. (20,54%). То есть более 70% помещений для содержания свиней в стране организованы без учета зоогиgienических параметров, что может служить одним из факторов возникновения вспышек инфекционных и инвазионных заболеваний. Другой немаловажной причиной распространения заразных болезней является невозможность осуществления полноценного контроля за утилизацией туш погибших животных и боенских отходов, которые владельцы свиней часто выбрасывают на свалки, куда имеют доступ бродячие животные.

В стране, учитывая ее географическое расположение и климатические условия, регистрируется множество заразных болезней животных (табл. 1), среди которых встречаются зоонозные, характеризующиеся эпизоотическим и эпидемическим проявлениями.

На эпизоотическую ситуацию в стране оказывает влияние экваториальный климат, что объясняет абсолютное преобладание паразитозов среди всех заразных болезней свиней [20, 21]. В течение 2018–2023 гг. количество случаев зарегистрированных инвазионных болезней свиней находится на стабильно высоком уровне и составляет около 92% в общей структуре различной патологии свиней (рис. 3).

Важно отметить, что эпизоотологический мониторинг в целях обнаружения возбудителей инфекционных болезней свиней или доказательства их отсутствия ветеринарной службой не проводится. Лишь в случае массовой гибели животных осуществляют необходимые исследования по установлению причин падежа животных. В настоящее время в Бурунди при появлении клинических симптомов инфекционных болезней или массовой гибели животных диагноз подтверждают с помощью микробиологических (микроскопия, посев), серологических (иммуноферментный анализ, реакция

агглютинации, реакция микроагглютинации и др.) и молекулярно-генетических (полимеразная цепная реакция) методов. При подозрении на паразитарные болезни в большинстве случаев используют клинический и микроскопический методы, в некоторых случаях осуществляют посмертную диагностику при вскрытии

Таблица 1
Распространенность заразных болезней свиней в Республике Бурунди с 2018 по 2023 г. (по данным Генерального управления животноводства)

Table 1
Prevalence of contagious porcine diseases in the Republic of Burundi from 2018 to 2023 (according to the General Directorate of Animal Health)

Группа болезней по типу возбудителя	Зарегистрированные случаи по годам, %				
	2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022	2022–2023
Бактериальные	3,6	3,2	5,2	4,8	6,3
Паразитарные	81,2	93,7	91,3	92,2	92,8
Вирусные	14,5	2,5	2,7	1,7	0
Грибковые	0,63	0,54	0,76	1,4	0,97

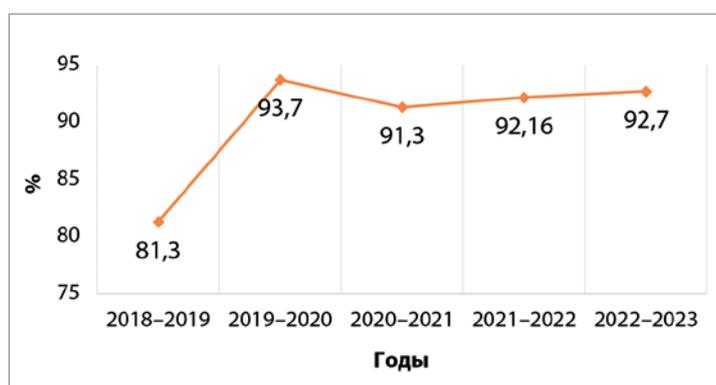


Рис. 3. Динамика зарегистрированных случаев паразитарных болезней свиней в Республике Бурунди в 2018–2023 гг.

Fig. 3. Dynamics of reported cases of porcine parasitic diseases in the Republic of Burundi from 2018 to 2023

Таблица 2

Нозологический профиль инфекционных болезней свиней в Республике Бурунди с 2018 по 2023 г. (по данным Генерального управления животноводства)

Table 2

Nosological profile of infectious porcine diseases in the Republic of Burundi from 2018 to 2023 (according to the General Directorate of Animal Health)

Нозологическая единица	Число зарегистрированных случаев по годам									
	2018–2019		2019–2020		2020–2021		2021–2022		2022–2023	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Африканская чума свиней	4093	77,5	1164	40,0	1034	31,4	598	21,3	–	–
Сальмонеллез	753	14,3	965	33,2	694	21,1	853	30,4	902	32,2
Рожа	31	0,6	130	4,5	486	14,8	552	19,6	948	33,8
Колибактериоз	218	4,1	392	13,5	743	22,6	274	9,8	422	15,0
Пастереллез	8	0,15	4	0,14	45	1,4	38	1,4	158	5,6
Трихофития	178	3,4	253	8,7	290	8,8	495	17,6	375	13,4

n – количество случаев (number of cases).

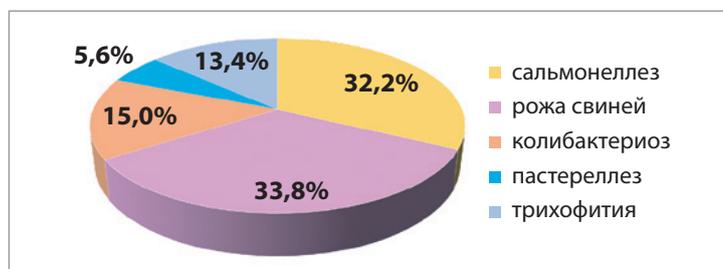


Рис. 4. Зарегистрированные случаи инфекционных болезней свиней бактериальной этиологии в Республике Бурунди в 2023 г.

Fig. 4. Reported cases of porcine bacterial infectious diseases in the Republic of Burundi in 2023

павших или вынужденно убитых животных. В таблице 2 представлены сведения о зарегистрированных и лабораторно подтвержденных случаях инфекционных болезней свиней в стране за 5 лет (по данным ежегодных

отчетов Генерального управления животноводства Республики Бурунди).

Анализ распространенности инфекционных болезней свиней в стране показал, что до 2021 г. наибольшее число зафиксированных случаев приходилось на африканскую чуму свиней (АЧС), начиная с 2020 г. их количество сократилось более чем в 3,5 раза, а в 2023 г. заболевание вовсе не регистрировали. Благополучие по АЧС является результатом запрета на ввоз свиней из-за рубежа и вывоз их за пределы страны. Передвижение свиней в границах Бурунди ограничено из-за неблагоприятной эпизоотической ситуации в соседних государствах [22, 23]. Завоз свиней извне происходит только через Аграрный исследовательский институт Бурунди (ISABU) при условии выполнения соответствующих исследований и карантинных мер.

Следует отметить, что среди вирусных инфекционных болезней свиней в республике фиксировали только АЧС, что, вероятно, может быть связано

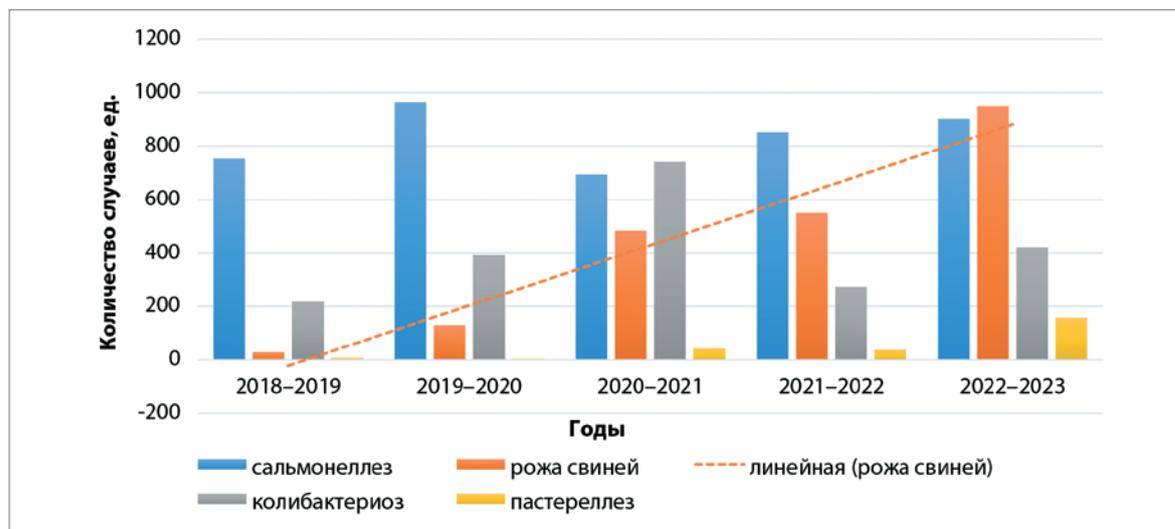


Рис. 5. Динамика зарегистрированных случаев инфекционных болезней свиней бактериальной этиологии в Республике Бурунди с 2018 по 2023 г.

Fig. 5. Dynamics of reported cases of porcine bacterial infectious diseases in the Republic of Burundi from 2018 to 2023

с ограниченными лабораторными исследованиями на вирусные инфекции. До 2018 г. отмечались вспышки классической чумы свиней, которая к настоящему времени более не регистрируется. Начиная с 2023 г. на передний план выходят бактериальные инфекционные болезни свиней (рис. 4), среди которых преобладают рожа свиней и сальмонеллез, их доля среди всех выявленных инфекционных болезней составила 33,8 и 32,2% соответственно. Довольно часто у домашних свиней диагностируют колибактериоз и трихофитию (15,0 и 13,4% соответственно).

Графическое представление данных по количеству зарегистрированных случаев бактериальных болезней свиней в Республике Бурунди за 5 лет наглядно показывает, что заболеваемость свиней сальмонеллезом и колибактериозом носит волнообразный характер (чередуются периоды подъема и спада). При этом заболеваемость свиней рожой стабильно растет. В 2023 г. число зарегистрированных случаев рожы свиней выросло более чем в 1,7 раза по сравнению с предыдущим 2022 г. и более чем в 7 раз по сравнению с 2020 г. (рис. 5). Заметим, что свиней против рожы в Бурунди до сих пор не вакцинируют. Диагностика рожы свиней в стране до 2019 г. проводилась только клиническим методом, в настоящее время лабораторные исследования осуществляются с использованием бактериологического метода и иммуноферментного анализа.

Изучение территориального распространения рожы свиней в республике показало, что количество провинций, в которых регистрируется болезнь, с каждым годом растет (табл. 3).

Если в 2018–2020 гг. рожа регистрировалась только в одной из провинций страны, то к 2022 г. она распространилась уже на 5 провинций, а к 2023 г. – на 9 провинций. В общей сложности за 5 лет из 18 провинций рожа свиней зафиксирована в 12 (рис. 6).

Таблица 3
Распространение рожы свиней в провинциях Республики Бурунди с 2018 по 2023 г. (по данным Национальной ветеринарной лаборатории)

Провинции	Период (годы)				
	2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022	2022–2023
Бужумбура-Рураль	–	–	–	–	62
Гитега	–	–	11	35	198
Карузи	–	130	–	–	–
Каянза	–	–	–	–	76
Кирундо	–	–	–	–	204
Мваро	–	–	–	–	4
Муйинга	–	–	–	–	48
Муравья	–	–	–	7	–
Нгози	–	–	–	–	143
Руйиги	–	–	160	160	–
Румонге	–	–	315	124	145
Чибитоке	31	–	–	226	68
Всего по стране	31	130	486	552	948

Провинции, в которых рожу у свиней не выявляли, находятся в южной (Бурури, Рутана, Макамба), крайней восточной (Чанкузо) и северо-западной (Бубанза и Бужумбура-Мери) частях страны. Во всех центральных провинциях Бурунди имеются очаги рожы свиней.



Рис. 6. Административное деление Республики Бурунди (розовым цветом обозначены провинции, в которых регистрируется рожа свиней)

Fig. 6. Administrative divisions of the Republic of Burundi (provinces with reported cases of swine erysipelas are shown in pink)

Несмотря на ограничения по перемещению животных между провинциями и между районами провинций, наблюдается постоянно растущее число регистрируемых случаев рожи, что может быть связано как с увеличением численности поголовья свиней, недостаточно высокой культурой ведения животноводства, незаконными передвижениями животных и/или животноводческих продукции через границы или внутри страны, так и с активизацией диагностической работы Национальной ветеринарной лаборатории.

Стремительный рост числа зарегистрированных случаев рожи свиней вызывает тревогу властей и ветеринарных специалистов Республики Бурунди. В условиях влажного экваториального климата возбудитель заболевания долгое время способен сохраняться в почве и других объектах окружающей среды, что может приводить к формированию стационарных очагов болезни. Кроме того, владельцы свиней часто скрывают факты заболевания и гибели животных, выбрасывают туши погибших свиней на свалки, к которым имеют доступ бродячие животные, что еще в большей степени увеличивает риски возникновения вспышек рожи. С учетом отсутствия специфической профилактики рожи в стране эпизоотическая ситуация складывается весьма тревожная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для Республики Бурунди содержание и разведение свиней на личных подворьях, в мелких или полукommerческих хозяйствах является важной составляющей продовольственной безопасности, позволяющей обеспечивать население страны животным белком. Правительство страны предпринимает значительные усилия по обеспечению хозяйств животными и развитию свиноводства как одной из отраслей с коротким циклом производства. Однако население ежегодно несет большие убытки от гибели животных в результате вспышек инфекционных заболеваний. Это обусловлено, с одной стороны, особенностями климата, а с другой – низким уровнем культуры ведения животноводства. Кроме того, большое значение имеет недостаточный контроль за эпизоотической ситуацией в стране со стороны государственной ветеринарной службы, а также тот факт, что до сих пор в Бурунди не осуществляется вакцинация свиней против инфекционных болезней, в частности рожи. Заболеваемость свиней рожей стабильно растет, в 2023 г. число зарегистрированных случаев рожи свиней выросло более чем в 1,7 раза по сравнению с предыдущим 2022 г. и более чем в 7 раз по сравнению с 2020 г. Все это создает предпосылки для формирования и сохранения стационарных очагов рожи свиней в Бурунди. В период с 2018 по 2023 г. из 18 провинций страны рожа свиней зарегистрирована в 12. С учетом результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что ветеринарным специалистам и органам власти Бурунди необходимо осуществлять планомерную работу в трех направлениях: 1) проведение эпизоотологического мониторинга инфекционных болезней свиней, что позволит на ранней стадии выявлять вспышки, контролировать и ограничивать распространение инфекционных болезней, в том числе рожи свиней, в стране; 2) просвещение владельцев животных в области соблюдения основных принципов биобезопасности, рекомендуемых ВОЗЖ (разделение, очистка,

дезинфекция); 3) разработка национальной политики модернизации свиноводства и обеспечения дешевыми кормами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. La Géographie du Burundi. Ministère des Affaires Etrangères du Burundi. <https://www.mae.gov.bi> (in French)
2. Enquête Nationale Agricole du Burundi, 2016–2017. Résultats de la Campagne Agricole. Juin 2018. https://bi.chm-cbd.net/sites/bi/files/2019-10/enab_2016_2017.pdf (in French)
3. Le Burundi en Bref. Ministère des Affaires Etrangères et de la Coopération au Développement au Burundi. Juin 24, 2018. <https://www.mae.gov.bi> (in French)
4. Décret No. 100/087 du 26 juillet 2018 portant Organisation du Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Élevage. <https://presidence.gov.bi/2018/07/31/decret-n100087-du-26-juillet-2018-portant-organisation-du-ministere-de-lenvironnement-de-lagriculture-et-de-lelevage> (in French)
5. Mbazumutima A. Vers le boom de la filière porcine? *IWACU*. 14.01.2024. <https://www.iwacu-burundi.org/vers-le-boom-de-la-filiere-porcine> (in French)
6. Госманов Р. Г., Равилов Р. Х., Галиуллин А. К., Волков А. Х., Нургалиев Ф. М., Юсупова Г. Р., Андреева А. В. Частная ветеринарно-санитарная микробиология и вирусология: учебное пособие. СПб.: Лань; 2022. 316 с.
Gosmanov R. G., Ravilov R. Kh., Galiullin A. K., Volkov A. Kh., Nurgaliyev F. M., Yusupova G. R., Andreeva A. V. Private veterinary and sanitary microbiology and virology: study-book. Saint Petersburg; 2022. 316 p. (in Russ.)
7. Ramirez A. Laboratory diagnostics: Erysipelas. *pig333.com: Professional Pig Community*. 16 August 2021. https://www.pig333.com/articles/laboratory-diagnostics-for-erysipelas-in-pigs_17507
8. Vaissaire J. Le rouget du porc: diagnostic, traitement et prévention. *Le Point Vétérinaire*. No. 254 du 01.04.2005. <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article/n-254/le-rouget-du-porc-diagnostic-traitement-et-prevention.html> (in French)
9. Le rouget chez l'animal et l'homme. Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires. <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/tiere/tierseuchen/uebersicht-seuchen/alle-tierseuchen/Rotlauf.html> (in French)
10. Gerber P. F., MacLeod A., Opriessnig T. *Erysipelothrix rhusiopathiae* serotype 15 associated with recurring pig erysipelas outbreaks. *Veterinary Record*. 2018; 182: 635. <https://doi.org/10.1136/vr.104421>
11. Opriessnig T., Coutinho T. A. Erysipelas. In: *Diseases of Swine*. Eds. J. J. Zimmerman, L. A. Karriker, A. Ramirez, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson, J. Zhang. 11th ed. Wiley-Blackwell; 2019; 835–843. <https://doi.org/10.1002/9781119350927.ch53>
12. Opriessnig T., Forde T., Shimoji Y. *Erysipelothrix* spp.: Past, present, and future directions in vaccine research. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020; 7:174. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00174>
13. Veraldi S., Girgenti V., Dassoni F., Gianotti R. Erysipeloid: a review. *Clinical and Experimental Dermatology*. 2009; 34 (8): 859–862. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2230.2009.03444.x>
14. Kiratikanon S., Thongwitokomarn H., Chaiwarith R., Salee P., Mahanupab P., Jamjanya S., et al. Sweet syndrome as a cutaneous manifestation in a patient with *Erysipelothrix rhusiopathiae* bacteremia: a case report. *IDCases*. 2021; 24:e01148. <https://doi.org/10.1016/j.idcr.2021.e01148>
15. Challa H. R., Tayade A. C., Venkatesh S., Nambi P. S. *Erysipelothrix* bacteremia; is endocarditis a rule? *Journal of Global Infectious Diseases*. 2023; 15 (1): 31–34. https://doi.org/10.4103/jgid.jgid_30_22
16. Rostamian M., Rahmati D., Akya A. Clinical manifestations, associated diseases, diagnosis, and treatment of human infections caused by *Erysipelothrix rhusiopathiae*: a systematic review. *Germs*. 2022; 12 (1): 16–31. <https://doi.org/10.18683/germs.2022.1303>
17. Canotilho J., Abrantes A. C., Risco D., Fernández-Llario P., Arahna J., Vieira-Pinto M. First serologic survey of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in wild boars hunted for private consumption in Portugal. *Animals*. 2023; 13 (18):2936. <https://doi.org/10.3390/ani13182936>
18. Plan National de Développement du Burundi (PND Burundi 2018–2027). <https://presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2018/08/PND-Burundi-2018-2027-Version-Finale.pdf> (in French)
19. Good emergency management practice: the essentials. Ed. by N. Honhold, I. Douglas, W. Geering, A. Shimshoni, J. Lubroth. Rome: FAO; 2011. 126 p. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ba0137e>
20. Minani S., Spiessens E., Labarrièrre A., Niyokwizera P., Gasogo A., Ntirandekura J. B. et al. Occurrence of *Taenia* species and *Toxoplasma gondii* in pigs slaughtered in Bujumbura city, Kayanza and Ngozi provinces, Burundi.

BMC Veterinary Research. 2024; 20 (1):589. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04445-6>

21. Minani S., Devleeschauwer B., Gasogo A., Ntirandekura J. B., Gabriël S., Dorny P., Trevisan C. Assessing the burden of *Taenia solium* cysticercosis in Burundi, 2020. *BMC Infectious Diseases*. 2022; 22 (1):851. <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07849-7>

22. Fasina F. O., Mtui-Malamsha N., Nonga H. E., Ranga S., Sambu R. M., Majaliwa J., et al. Semiquantitative risk evaluation reveals drivers of African swine fever virus transmission in smallholder pig farms and gaps in

biosecurity, Tanzania. *Veterinary Medicine International*. 2024; 2024:4929141. <https://doi.org/10.1155/2024/4929141>

23. Hakizimana J. N., Yona C., Kamana O., Nauwynck H., Misinzo G. African swine fever virus circulation between Tanzania and neighboring countries: a systematic review and meta-analysis. *Viruses*. 2021; 13 (2):306. <https://doi.org/10.3390/v13020306>

Поступила в редакцию / Received 06.12.2024

Поступила после рецензирования / Revised 17.01.2025

Принята к публикации / Accepted 09.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коцаев Андрей Георгиевич, академик РАН, профессор, д-р биол. наук, профессор кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3904-2860>, koshhaev.a@kubsau.ru

Нийонгабо Херменежилд, аспирант ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-9580-2978>, niyohermes1@gmail.com

Горковенко Наталья Евгеньевна, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры микробиологии, эпизоотологии и вирусологии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5112-2679>, gorkovenko.n@kubsau.ru

Нимбона Константин, канд. наук (PhD), факультет агрономии и биоинженерии, кафедра животноводства и здоровья животных, Университет Бурунди, г. Бужумбура, Республика Бурунди; <https://orcid.org/0000-0002-4845-7208>, constantin.nimbona@ub.edu.bi

Нтирандекура Жан-Боско, канд. наук (PhD), факультет агрономии и биоинженерии, кафедра животноводства и здоровья животных, Университет Бурунди, г. Бужумбура, Республика Бурунди; <https://orcid.org/0000-0003-3033-4047>, jean-bosco.ntirandekura@ub.edu.bi

Andrey G. Koshchaev, Academician of the RAS, Professor, Dr. Sci. (Biology), Professor of the Department of Biotechnology, Biochemistry and Biophysics, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3904-2860>, koshhaev.a@kubsau.ru

Herménégilde Niyongabo, Postgraduate Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9580-2978>, niyohermes1@gmail.com

Natalya E. Gorkovenko, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Microbiology, Epizootology and Virology, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5112-2679>, gorkovenko.n@kubsau.ru

Constantin Nimbona, PhD, Faculty of Agronomy and Bio-Engineering, Department of Animal Health and Productions, University of Burundi, Bujumbura, Republic of Burundi; <https://orcid.org/0000-0002-4845-7208>, constantin.nimbona@ub.edu.bi

Jean-Bosco Ntirandekura, PhD, Faculty of Agronomy and Bio-Engineering, Department of Animal Health and Productions, University of Burundi, Bujumbura, Republic of Burundi; <https://orcid.org/0000-0003-3033-4047>, jean-bosco.ntirandekura@ub.edu.bi

Вклад авторов: Коцаев А. Г. – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и за ее окончательный вариант; Нийонгабо Х. – сбор, анализ и интерпретация полученных данных, создание рисунков и таблиц, составление черновика рукописи; Горковенко Н. Е. – формирование идеи, формулировка ключевых целей и задач, критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценных замечаний интеллектуального содержания, участие в научном дизайне; Нимбона К. – участие в научном дизайне; Нтирандекура Ж.-Б. – участие в научном дизайне.

Contribution of the authors: Koshchaev A. G. – responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article, and finalization of the manuscript; Niyongabo H. – collection, analysis, and interpretation of the data; creation of figures and tables; draft manuscript; Gorkovenko N. E. – conceptualization of the study, formulation of key objectives and tasks, critical review and revision of the manuscript with valuable intellectual input, and contribution to the scientific design; Nimbona C. – contribution to the scientific design; Ntirandekura J.-B. – contribution to the scientific design.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-156-163>
УДК 619:578.842.1:614.48



Вирулицидная активность дезинфицирующих препаратов в отношении возбудителя африканской чумы свиней

И. А. Лаврентьев, А. С. Иголкин, А. А. Шевцов, И. С. Колбин, О. С. Пузанкова, В. Л. Гаврилова, Р. С. Чернышев
ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Наиболее эффективной стратегией борьбы с африканской чумой свиней остается проведение комплекса противоэпизоотических мероприятий, направленных на предотвращение заноса и распространение возбудителя данной болезни. В настоящее время существует широкий спектр коммерческих дезинфицирующих средств, применяемых на объектах ветеринарного надзора, эффективность которых в отношении вируса африканской чумы свиней неизвестна и подтверждается только заверениями производителей, которые не всегда предоставляют обоснованные доказательства.

Цель исследования. Лабораторные испытания вирулицидной активности различных дезинфицирующих препаратов в отношении возбудителя африканской чумы свиней.

Материалы и методы. Исследовано 12 образцов дезинфицирующих средств с различным химическим составом. Первый этап по оценке свойств *in vitro* проводили суспензионным методом путем добавления к жидкофазному вирусосодержащему материалу рабочих растворов испытуемых препаратов в экспериментальных концентрациях и при различном времени экспозиции. Второй этап осуществлялся посредством тестирования смывов с контаминированных вирусом африканской чумы свиней тест-пластин из бетона после их обработки рабочими растворами дезсредств. Каждый этап проводили в двух вариантах: без органического загрязнения и с его имитацией (экспозиция инактивированной сыворотки крови крупного рогатого скота на тест-поверхности). Образцы исследовали методом вирусовыделения в чувствительной культуре клеток селезенки свиньи. Учет и интерпретацию результатов проводили в реакции гемадсорбции. Считали, что образец препарата обладал вирулицидной активностью при отсутствии репродукции вируса африканской чумы свиней.

Результаты. Вирулицидным эффектом в отношении референтного штамма Arnt 07 вируса африканской чумы свиней (II генотип) при испытаниях на тест-поверхностях обладали 9 из 12 испытуемых препаратов, что свидетельствует о необходимости проведения дальнейших исследований по оценке действенности различных дезинфицирующих средств в отношении данного возбудителя.

Заключение. Возможность присутствия в коммерческом обороте дезсредств, неспособных при заявленных в инструкции условиях инактивировать вирус африканской чумы свиней, подчеркивает необходимость совершенствования нормативно-правовых актов в целях обеспечения эффективности мер общей профилактики и борьбы с болезнью.

Ключевые слова: вирус африканской чумы свиней, дезсредства, дезинфектанты, хлорсодержащие препараты, глутаровый альдегид, перексомоносульфат калия

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

Для цитирования: Лаврентьев И. А., Иголкин А. С., Шевцов А. А., Колбин И. С., Пузанкова О. С., Гаврилова В. Л., Чернышев Р. С. Вирулицидная активность дезинфицирующих препаратов в отношении возбудителя африканской чумы свиней. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 156–163. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-156-163>

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: Лаврентьев Иван Андреевич, ведущий ветеринарный врач референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия, lavrentev@arriah.ru

Virucidal activity of disinfectants against African swine fever virus

Ivan A. Lavrentiev, Alexey S. Igolkin, Alexander A. Shevtsov, Ivan S. Kolbin, Olga S. Puzankova, Vera L. Gavrilova, Roman S. Chernyshev
Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. The most effective strategy to control African swine fever is to implement a set of anti-epizootic measures aimed at preventing introduction and spread of the disease pathogen. Currently, there is a wide range of commercially available disinfectants used at the facilities subject to veterinary control. Their effectiveness against African swine fever virus is unknown and is only confirmed by the manufacturers, who do not always provide substantiated evidence.

Objective. The objective of the research is to test virucidal activity of various disinfectants against African swine fever pathogen in the laboratory.

Materials and methods. Twelve samples of disinfectants with different chemical compositions were tested. The first *in vitro* assessment stage was carried out using suspension method, i.e. working solutions of the tested disinfectants in experimental concentrations and exposure times were added to the

© Лаврентьев И. А., Иголкин А. С., Шевцов А. А., Колбин И. С., Пузанкова О. С., Гаврилова В. Л., Чернышев Р. С., 2025

liquid-phase virus-containing material. During the second stage, swabs from concrete test plates contaminated with African swine fever virus were tested following treatment of surfaces with the working disinfectant solutions. Each stage was performed in two variants: without organic contamination and with its imitation (application of inactivated bovine serum on the test surface). The samples were tested using virus isolation in a sensitive porcine spleen cell culture. Results were assessed and interpreted in hemadsorption test. The disinfectant sample was considered to exhibit virucidal activity, if no reproduction of African swine fever virus was observed.

Results. Nine out of twelve tested disinfectants demonstrated a virucidal effect against reference African swine fever virus Arm 07 strain (genotype II), when tested on test surfaces. Such results suggest the need to evaluate further the efficacy of various disinfectants against this pathogen.

Conclusion. The fact that such disinfectant products that are incapable of inactivating African swine fever virus under the conditions specified in their instructions are potentially marketed underlines the need to improve regulatory framework in order to ensure effectiveness of general disease prevention and control measures.

Keywords: African swine fever virus, disinfectants, chlorine-containing compounds, glutaraldehyde, potassium peroxymonosulfate

Acknowledgements: The study was funded by the Federal Centre for Animal Health as a part of its research activities in “Veterinary Welfare”.

For citation: Lavrentiev I. A., Igolkin A. S., Shevtsov A. A., Kolbin I. S., Puzankova O. S., Gavrilova V. L., Chernyshev R. S. Virucidal activity of disinfectants against African swine fever virus. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 156–163. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-156-163>

Conflict of interest: 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: Ivan A. Lavrentiev, Leading Veterinarian at the Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir, 600901, Russia, lavrentev@arriah.ru

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на предпринимаемые усилия по профилактике распространения африканской чумы свиней (АЧС) на территории Российской Федерации, риски заноса инфекции в свиноводческие хозяйства страны остаются высокими. Ущерб, причиняемый болезнью, значителен. Так, совокупные потери от АЧС в России за 2018–2020 гг. составили 32 571,6 млн руб. [1].

В сложившихся условиях особую значимость имеет биологическая защита свиноводческих хозяйств всех типов – комплекс управленческих и физических мероприятий, направленных на снижение риска заноса, укоренения и распространения болезни [2, 3].

При несоблюдении или несовершенстве регламента биозащиты увеличивается вероятность заноса возбудителей опасных болезней, включая АЧС. Поэтому во всех свиноводческих хозяйствах и на предприятиях по убою свиней и переработке продуктов убои важна организация действенных заградительных мер (сегрегация, очистка, дезинфекция) с учетом возможности проникновения инфекции как с источниками вируса (инфицированными животными), так и с контаминированными объектами окружающей среды (транспорт, одежда и обувь персонала, расходные материалы и оборудование).

В случае возникновения АЧС ветеринарными правилами регламентирована организация ветеринарных постов для обработки транспорта на выезде из очага, угрожаемой зоны и проведение трехэтапной дезинфекции в эпизоотическом очаге для предотвращения распространения инфекции [4]. В п. 49 упомянутых правил указано, что для дезинфекции объектов должны применяться хлорсодержащие (с содержанием действующего вещества не менее 25%) или другие дезинфицирующие вещества, обладающие высокой вирулицидной активностью в отношении возбудителя, согласно инструкциям по применению. Однако далеко не во всех инструкциях к коммерческим дезсредствам представлена обоснованная информация о степени их губительного

действия по отношению к возбудителям и об условиях применения, обеспечивающих их эффективность.

Все перечисленное указывает на то, что для защиты от заноса и распространения АЧС необходима организация действенных дезинфекционных мероприятий, учитывающих устойчивость конкретного возбудителя во внешней среде и продукции свиноводства, а также его толерантность к некоторым типам дезинфицирующих средств, что обусловлено сложной структурой вириона.

Устойчивость вируса АЧС в разных температурных условиях составляет: 5 °С – до 7 лет, 18–20 °С – 18 мес., 37 °С – 30 сут, 50 °С – до 1 ч. В сыворотке крови при температуре 5 °С вирус может сохраняться на протяжении 6 лет, в копченой ветчине – до 180 сут, в замороженном мясе – до 155 сут [5, 6].

Данные о сохранности вируса АЧС во внешней среде и в различных экскретах инфицированных животных представлены в таблице 1.

Следует отметить, что в СанПиН 3.3686-21 вирус АЧС не упомянут, поскольку не относится к возбудителям болезней, общих для человека и животных [12]. Согласно п. 2.13.2 Правил проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора, вирус АЧС относится к устойчивым (вторая группа устойчивости из четырех, установленных правилами) [13]. В документе также представлены требования по соблюдению режимов дезинфекции в соответствии с классом устойчивости возбудителя, однако перечень упоминаемых дезсредств не включает в себя широкий спектр применяемых в настоящее время препаратов (на основе кислот, щелочей, альдегидов, соединений хлора, йода, фенолов, четвертичных аммониевых соединений), заявляемыми преимуществами которых являются относительно короткий период экспозиции, отсутствие выраженного коррозионного и токсического эффектов, усиленный эффект за счет синергии компонентов при низких концентрациях действующих веществ [14, 15, 16].

Таблица 1
Устойчивость вируса АЧС во внешней среде согласно данным различных исследователей

Table 1
African swine fever virus resistance to the environmental factors, based on findings from independent researchers

Матрица	Режим хранения	Период наблюдения	Ссылка на источник
Фекалии	+4 °С	5–280 сут	[7, 8]
	+20 °С	3–11 сут	[7, 9]
Навоз	–20 °С	2 мес.	[10]
	+4 °С	30–145 сут	[8, 10]
	+20 °С	21 сут	[10]
Моча	–20 °С	3 мес.	[10]
	+4 °С	5–60 сут	[7, 10]
	+20 °С	5–21 сут	[7, 10]
Пляжный песок	+20 °С	14 сут	[7]
Дворовая земля	+20 °С	7 сут	[7]
Болотная грязь	+20 °С	3 сут	[7]
Почва	–20 °С	2 мес.	[10]
	+4 °С	45–650 сут	[8, 10]
	+20 °С	30–132 сут	[8, 10]
Влажная почва	+4 °С	до 3 сут	[7]
	+20 °С	до 3 сут	[7]
Вода	–20 °С	3 года	[11]
	+4 °С	2–33 мес.	[8, 10, 11]
	+20 °С	2–13 мес.	[8, 10, 11]

В «Методических указаниях по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства», приведенных в приложении 3 к указанным выше правилам, для контроля качества текущей дезинфекции регламентированы исследования по определению наличия или отсутствия санитарно-показательных микроорганизмов (для второй группы устойчивости: *Staphylococcus aureus*, *S. epidermatis*, *S. saprophyticus*) [13]. Однако, хотя устойчивость вируса АЧС и стафилококков сопоставима, она не равнозначна, что обусловлено разницей в строении конкретных возбудителей и видовых механизмах резистентности [17, 18]. Так, например, основой в строении клеточной стенки грамположительных бактерий, в том числе *S. aureus*, являются пептидогликан и тейхоевые кислоты, в то время как внутренний кор вириона АЧС окружен плотным белковым слоем, внутренней липидной оболочкой и капсидом, который является внешним слоем у внутриклеточных вирионов. Вышеперечисленное в том числе обуславливает разницу в чувствительности к различным показателям pH; так, оптимальный диапазон для размножения стафилококков составляет 7,2–7,4, в условиях повышенной кислотности (pH < 4,5) рост бактерий замедляется, в отличие от возбудителя АЧС, который инактивируется при значениях pH < 3,9 или > 11,5 [19, 20].

В связи с этим для исследовательских целей по определению дезинфицирующих свойств испытуемых средств или отдельных их компонентов больше подходит методология, разделяющая испытания по типу конкретных возбудителей (отдельно бактерии, вирусы, грибы и др.).

В рамках научно-исследовательских работ в референтной лаборатории по АЧС ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ») проводится изучение вирулицидной активности коммерческих дезинфицирующих средств в отношении вируса АЧС генотипа II. Испытания проходят в два этапа: *in vitro* с определением минимальной эффективной концентрации и экспозиции; методом орошения тест-поверхностей рабочими растворами препаратов. На всех стадиях предусмотрено применение искусственного органического загрязнения для имитации условий, приближенных к реальным.

Цель исследования – сравнительная оценка шифрованных дезинфицирующих препаратов с известным химическим составом по их вирулицидным свойствам в отношении возбудителя АЧС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытаниям подвергнуты 12 дезинфицирующих средств российских производителей. Образцы препаратов шифровали перед постановкой экспериментов.

В отсутствие соответствующих ведомственных документов исследования проводились по схеме испытаний дезинфекционных средств, схожей с представленной в ГОСТ Р 58151.4-2018 и Р 4.2.3676-20, но с модификацией методологии под условия применения дезсредств в ветеринарии и адаптацией к актуальному возбудителю – вирусу АЧС [21].

Работа с вирусом АЧС и интерпретация полученных результатов выполнялась в соответствии с «Методическими рекомендациями по выделению и титрованию вируса африканской чумы свиней в культуре клеток селезенки свиней» [22].

Первый этап по оценке свойств *in vitro* проводили в двух вариантах: без белковой нагрузки и с добавлением инактивированной сыворотки крови крупного рогатого скота (КРС) из расчета 40%-й концентрации в смеси вируса с дезинфектантом. В качестве тест-объекта использовали 2-суточный субконфлюэнтный монослой первичной культуры клеток селезенки свиньи с добавлением поддерживающей питательной среды Игла МЕМ по прописи ФГБУ «ВНИИЗЖ», содержащей 10% фетальной сыворотки крови КРС.

Заражение культуры клеток проводили методом инокуляции жидкофазного материала гемадсорбирующего референс-штамма Arm 07 вируса АЧС II генотипа, депонированного в государственную коллекцию штаммов микроорганизмов ФГБУ «ВНИИЗЖ».

К образцам очищенной от клеточного детрита суспензии, содержащей штамм Arm 07 вируса АЧС в титре не менее 6,0 Ig ГАД₅₀/см³, добавляли рабочий раствор испытуемых дезинфицирующих препаратов в пропорции 1:9 (1 объем вирусосодержащего материала и 9 объемов средства).

Для нейтрализации действия препаратов и имитации органического загрязнения использована 70%-я инактивированная сыворотка крови КРС.

Полученные образцы (как с сывороткой, так и без нее) выдерживали при комнатной температуре

в течение срока экспозиции, впоследствии нейтрализовали путем обработки образца сывороткой крови КРС в соотношении 1:1 (объем образца и нейтрализатора).

Затем образцы смеси вируса, препарата и нейтрализатора вносили в лунки планшета с монослоем чувствительной к вирусу АЧС культуры клеток селезенки свиньи, через 30 мин удаляли смесь, заменяли поддерживающей средой. Культуру клеток инкубировали в атмосфере с 5%-м содержанием CO_2 в течение 7 сут при 37°C с ежедневным контролем результатов.

Второй этап тестирования эффективности обеззараживания осуществляли способом орошения из пульверизатора рабочими растворами дезсредств тест-пластины из бетона размером 10×10 см. Перед экспериментом все поверхности подвергали механической очистке (мыли водой с мылом и щеткой, промывали проточной водой, после чего протирали несколько раз стерильной влажной салфеткой) и автоклавируют.

Тест-пластины располагали горизонтально и пипеткой на каждую наносили суспензию вируса АЧС в титре не менее $6,0 \text{ Ig ГАД}_{50}/\text{см}^3$ из расчета $0,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$ с добавлением 5% инактивированной сыворотки крови КРС на площадь в 100 см^2 , равномерно распределяли по поверхности. Контаминированные вирусом поверхности высушивали при комнатной температуре, затем обрабатывали раствором испытуемого дезинфекционного препарата в минимальной эффективной на первом этапе концентрации и при минимальном времени экспозиции.

Для имитации органического загрязнения (белковой нагрузки) использовали 40%-ю инактивированную сыворотку крови КРС, которую наносили на контаминированные вирусом поверхности. Затем поверхности орошали из пульверизатора испытуемым дезинфекционным препаратом при норме расхода $0,3 \text{ л}/\text{м}^2$ обрабатываемой площади (согласно инструкциям производителей).

Контрольные тест-пластины орошали стерильной или прокипяченной водопроводной водой при той же норме расхода ($0,3 \text{ л}/\text{м}^2$), что и в опыте. Для определения полноты инактивации вируса АЧС с испытуемых поверхностей отбирали пробы-смывы с последующим нанесением их на чувствительную культуру клеток селезенки свиньи (индикацию осуществляли методом вирусовыделения с проведением трех слепых пассажей на культуре клеток каждого из образцов).

Учет результатов проводили по наличию или отсутствию феномена гемадсорбции – качественного специфического показателя репродукции вируса АЧС (рис.). Считали, что образец препарата обладал вирулицидной активностью при отсутствии гемадсорбции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты испытаний эффективности (по наличию или отсутствию вирулицидной активности) шифрованных дезинфекционных препаратов в двух последовательных этапах *in vitro* представлены в таблице 2.

Установлено, что способностью инактивировать высоковирулентный вирус АЧС референтного штамма Агм 07 во всех заявленных производителями концентрациях и экспозициях при орошении бетонных тест-поверхностей обладали девять дезинфицирующих препаратов из двенадцати.

Препараты под шифрами 1, 2 и 3, главным действующим веществом которых является калия пероксомоносульфат в концентрациях 0,55, 0,5 и 1,5% соответственно, показали активность в отношении вируса АЧС как при тестировании суспензионным методом, так и способом орошения тест-поверхностей из бетона при времени экспозиции 30 и 60 мин. Пероксомоносульфат калия способен инактивировать вирус АЧС даже при значительном органическом загрязнении, однако в таком случае концентрация его должна составлять не менее 1,0% [23]. Данные настоящего исследования демонстрируют активность препаратов на основе пероксомоносульфата калия меньшей концентрации как при белковой нагрузке, так и без нее, что может учитываться при оптимизации химического состава дезсредств.

Зашифрованный под номером 4 препарат, рабочий раствор которого представляет собой 0,002%-й диоксид хлора, обладал достаточной вирулицидной эффективностью на первом этапе исследования, однако инфекционная активность вируса АЧС сохранялась на бетонной тест-поверхности при экспозиции 3 мин. Испытуемая концентрация ClO_2 превосходит рекомендуемую (0,0012%) для инактивации возбудителя АЧС, и отсутствие активности, скорее всего, связано с недостаточным временем экспозиции. Для достижения оптимального эффекта деградации вируса при нанесении диоксида хлора на поверхность следует выдерживать строгий температурно-временной режим (не менее 50 мин, 37°C) [24].

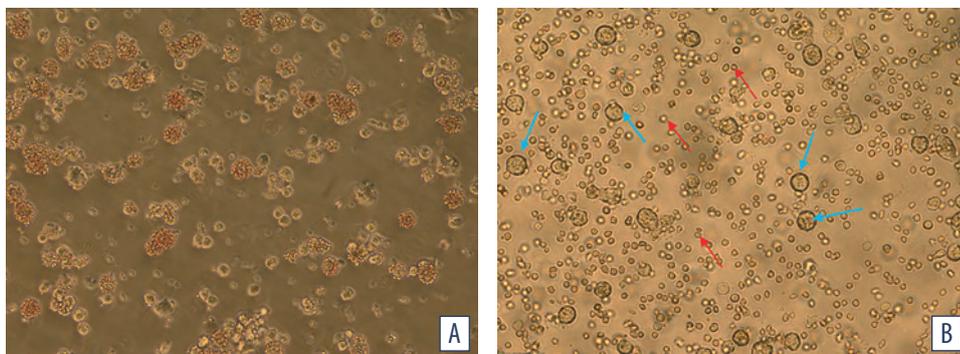


Рис. Культура клеток селезенки свиней: А – инфицированная вирусом АЧС; В – интактная (синими стрелками отмечены клетки селезенки свиней, красными – эритроциты)

Fig. Porcine spleen cell culture: А – infected with African swine fever virus; В – intact (blue arrows indicate porcine spleen cells, red – red blood cells)

Таблица 2

Результаты исследований вирулицидной активности дезинфекционных средств в отношении вируса АЧС в культуре клеток и на тест-поверхности из бетона

Table 2

Results of testing virucidal activity of disinfectants against African swine fever virus in cell culture and on a concrete test surface

Шифр препарата	Компоненты (действующие вещества)	Концентрация действующего вещества, %	Экспозиция, мин	1-й этап (суспензионный метод)		2-й этап (орошение)	
				без белковой нагрузки	с белковой нагрузкой	без белковой нагрузки	с белковой нагрузкой
1	калия пероксомоносульфат	0,55	30	+	+	+	+
2	калия пероксомоносульфат	0,5	30	+	+	+	+
3	калия пероксомоносульфат	1,5	60	+	+	+	+
4	диоксид хлора	0,002	3	+	+	-	-
5	глутаровый альдегид	0,0375	15	+	+	+	+
	бензалкония хлорид	0,025					
6	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	0,03	30	+	+	+	+
	глутаровый альдегид	0,05					
7	глутаровый альдегид	0,024	15	+	+	-	-
	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	0,01					
8	дидецилдиметиламмоний хлорид	0,0156	15	+	+	+	+
	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	0,034					
	глутаровый альдегид	0,0214					
9	глутаровый альдегид	2,0	10	+	+	+	+
	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	1,7					
	дидецилдиметиламмоний хлорид	0,8					
	изопропиловый спирт	1,0					
10	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	0,018	5	+	+	+	+
	глутаровый альдегид	0,015					
	формальдегид	0,01					
	полигексаметиленгуанидин	0,0006					
	изопропиловый спирт	0,004					
11	пероксисольват карбоната натрия	0,012	30	+	+	-	-
	алкилбензолсульфонат натрия	0,75					
	лимонная кислота	0,135	60	+	+	+	+
	метиленовый синий	0,36	90	+	+	+	+
	углекислый натрий	0,00015					
12	дидецилдиметиламмоний хлорид	0,05	15	+	+	+	+
	алкилдиметилбензиламмоний хлорид	0,15					
	глутаровый альдегид	0,05					
	аминоксид	0,05					
	изопропиловый спирт	0,05					
	изотридеканол этоксилированный	менее 0,05					

«+» – наличие вирулицидного эффекта (отсутствие гемадсорбции); «-» – отсутствие вирулицидного эффекта (наличие гемадсорбции).

“+” – virucidal effect in place (absence of hemadsorption); “-” – no virucidal effect (presence of hemadsorption).

Препараты под шифрами 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 12 имеют в своем составе глутаровый альдегид. Дезсредство под номером 7 в эксперименте не показало выраженной вирулицидной активности, несмотря на заявленную производителем достаточно высокую концентрацию действующего вещества (0,024%) в рабочем растворе, превосходящую показатели других дезинфектантов, например зашифрованного под номером 10 и содержащего всего 0,015% глутарового альдегида, который оказался в проведенных испытаниях действенным против вируса АЧС. Доступные результаты немногочисленных исследований показывают возможность применения глутарового альдегида в концентрации 0,1% при экспозиции 30 мин [23]. Возможно, отсутствие эффекта у препарата под шифром 7 связано с недостаточным содержанием в составе вспомогательных веществ или с нарушением технологии его производства. Существенный недостаток информации о минимальной эффективной концентрации глутарового альдегида для инактивации вируса АЧС свидетельствует о необходимости проведения исследовательских работ по оценке губительного воздействия дезсредств. Следует отметить, что концентрация глутарового альдегида более 0,5% может приводить к увеличению цитотоксичности, что значительно лимитирует диапазон экспериментов [25].

Зашифрованный под номером 11 препарат, содержащий в своем составе перекись натрия карбоната натрия 0,012%, алкилбензолсульфонат натрия 0,75%, лимонную кислоту 0,135%, метиленовый синий 0,36%, углекислый натрий 0,00015%, показал частичное губительное воздействие на возбудитель. При экспозиции 30 мин в заявленных концентрациях препарат не проявил вирулицидной активности в отношении вируса АЧС, однако с пролонгированной экспозицией, а именно 60 и 90 мин, был достаточно эффективен. Отдельные компоненты, входящие в его состав, согласно литературным данным, обладают активностью в отношении возбудителя АЧС при больших концентрациях и длительной экспозиции [26]. Соединения хлора широко используются в качестве дезинфицирующих средств благодаря их высокой эффективности за счет способности к денатурации белков, однако они обладают коррозионным действием и ингибируются органическими веществами. Алкилбензолсульфонат натрия относится к анионным поверхностно-активным веществам с хорошо выраженными моющими свойствами. Вирулицидные свойства лимонной кислоты были доказаны при ее использовании в концентрации 2% при экспозиции 30 мин, эффект достигается за счет взаимодействия липофильных структур с мембраной вируса и снижения pH. Карбонат натрия также оказался эффективным в отношении вируса АЧС при концентрации 1% с экспозицией 30 мин [26].

Проведенные испытания показывают, что белковая нагрузка (как имитация органического загрязнения), короткое время экспозиции и относительно низкие температуры (рабочего раствора, обрабатываемого объекта, окружающей среды) – все это крайне важные факторы, которые способны значительно снизить эффективность дезсредств. Поэтому для практики по-прежнему большое значение имеет предварительная тщательная механическая очистка поверхностей, строгое соблюдение рекомендаций, в том числе по продолжительности экспозиции и температурному режиму, что согласуется с данными литературы [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведения первого этапа испытаний дезсредств в культуре клеток селезенки свиней вирулицидную активность в отношении референтного штамма Arm 07 вируса АЧС показали все 12 тестируемых препаратов, что подтверждает их эффективность *in vitro* и отсутствие цитотоксического действия при соблюдении заявленных концентраций и времени экспозиции.

При этом на втором этапе испытаний (с применением тест-поверхностей из бетона как с имитацией органического загрязнения, так и без нее) эффективностью обладали только 9 из 12 препаратов, что подчеркивает необходимость проведения комплексных исследований по оценке вирулицидной активности дезсредств с применением различных тест-объектов.

Для оптимизации состава компонентов дезинфицирующих средств с целью повышения их эффективности против возбудителя АЧС считаем целесообразным использовать глутаровый альдегид с концентрацией минимум 0,05%, перекись моносульфата калия с концентрацией минимум 0,5%.

Подтверждаемое экспериментами влияние органических загрязнений на вирулицидный эффект дезсредств показывает, что при их практическом применении крайне важно проводить тщательную очистку поверхностей и подбирать наиболее эффективные средства как для дезинфекции, так и для мойки. Кроме того, требуется учитывать и другие факторы, в том числе действенный в отношении конкретного возбудителя состав и концентрацию действующих веществ дезсредства, температуру окружающего воздуха, обрабатываемых поверхностей, рабочего раствора дезинфектанта, время экспозиции, параметры сушки и др.

Практическое применение коммерческих дезсредств, вирулицидная активность которых в отношении возбудителя АЧС неизвестна, повышает риски свести на нет значительные усилия, прилагаемые при проведении профилактических и ликвидационных мероприятий, что указывает на необходимость введения в соответствующие нормативно-правовые акты требований по проведению испытаний коммерческих дезинфицирующих средств на предмет их эффективности в отношении актуальных возбудителей заразных болезней, которые заявлены в инструкции по применению препарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Петрова О. Н., Караулов А. К. Сравнительный анализ ущерба от распространения особо опасных болезней животных на территории РФ за 2018–2020 гг. с элементами прогноза на 2021 г. *БИО*. 2021; (5): 12–18. <https://elibrary.ru/pwuhnj>
- WOAH. Terrestrial Animal Health Code. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access>
- WOAH. Manual of Diagnostic Test and Vaccines for Terrestrial Animals. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access>
- Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов африканской чумы свиней: утв. приказом Минсельхоза России от 28.01.2021 № 37. <https://docs.cntd.ru/document/573473462?ysclid=m6abw80wls994110372>
- Макаров В. В., Сухарев О. И., Литвинов О. Б. Вирус африканской чумы свиней: устойчивость, выживаемость, деконтаминация. *Ветеринария*. 2012; (9): 23–25. <https://elibrary.ru/pdslxt>
- Макаров В. В., Грубый В. А. Африканская чума свиней: эпизоотический полиморфизм и контроль. Часть II. История и география успешной

- эрадикации. *Ветеринария сегодня*. 2013; (3): 21–25. <https://elibrary.ru/ratovp>
7. Sauter-Louis C., Conraths F. J., Probst C., Blohm U., Schulz K., Sehl J., et al. African swine fever in wild boar in Europe – a review. *Viruses*. 2021; 13 (9):1717. <https://doi.org/10.3390/v13091717>
8. Власов М. Е., Сливко И. А., Середа А. Д. Сохраняемость вируса африканской чумы свиней в объектах внешней среды. *Ветеринария*. 2018; (10): 17–22. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.10.17-22>
9. Бельтран Алькрудо Д., Ариас М., Гайардо К., Крамер А. С., Пенрит М. Л. Африканская чума свиней: обнаружение и диагностика. Руководство для ветеринаров. Рим: ФАО; 2017. 104 с. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7228ru>
10. Власов М. Е. Биологические свойства изолятов вируса африканской чумы свиней, выделенных в различных регионах Российской Федерации от кабанов и домашних свиней: дис. ... канд. вет. наук. Волгоград; 2021. 149 с.
11. Синдрякова И. П., Моргунов Ю. П., Чичикин А. Ю., Газаев И. Х., Кудряшов Д. А., Цыбанов С. Ж. Инфекционная активность вируса африканской чумы свиней в лабораторных образцах и пищевых продуктах при разных температурных режимах (с экстраполяцией на сохраняемость в природных условиях). *Сельскохозяйственная биология*. 2016; 51 (4): 467–474. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.4.467rus>
12. СанПиН 3.3686-21 Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 4 (с изменениями на 25.05.2022). <https://docs.cntd.ru/document/573660140?ysclid=m6akzus7b3685301845>
13. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора: утв. Минсельхозом России 15.07.2002 № 13-5-2/0525. <https://base.garant.ru/70268920?ysclid=m6aleudxu5550644985>
14. Боталова Д. П., Кузьмин В. А., Иголкин А. С., Ципле С. Ю., Касаткин А. С. Вирулицидная активность дезинфектантов «Дезон Вет-Клин» и «Дезон Вет» в отношении вируса африканской чумы свиней. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (4): 16–23. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.16>
15. Герасимов В. Н., Кузьмин В. А., Васинский Р. Г. Современные дезинфицирующие средства в системе мер по недопущению заноса и распространения вируса африканской чумы свиней в Российской Федерации. *Ветеринария Кубани*. 2017; (1): 15–16. <https://elibrary.ru/zduibr>
16. Балышев В. М., Балышева В. И., Болгова М. В., Живодеров С. П., Селянинов Ю. О. Инактивирующее действие аэрозолей некоторых дезинфектантов на вирус африканской чумы свиней. *Ветеринария*. 2016; (11): 44–47. <https://elibrary.ru/wzixpb>
17. МУ 3.5.2431-08 Изучение и оценка вирулицидной активности дезинфицирующих средств: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2010. 39 с.
18. Шестопалов Н. В., Пантелеева Л. Г., Соколова Н. Ф., Абрамова И. М., Лукичев С. П. Федеральные клинические рекомендации по выбору химических средств дезинфекции и стерилизации для использования в медицинских организациях. М.: Ремедиум Приволжье; 2015. 56 с. <https://elibrary.ru/tytfur>
19. Воробьев А. А., Кривошеин Ю. С., Широбоков В. П. Медицинская и санитарная микробиология: учебное пособие. М.: Академия; 2003. 464 с.
20. Иголкин А. С., Груздев К. Н. Африканская чума свиней: учебно-методическое пособие. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2021. 126 с.
21. Методы лабораторных исследований и испытаний медико-профилактических дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности: руководство. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2010. 615 с.
22. Мазлум А., Шарыпова Д. В., Гаврилова В. Л., Пузанкова О. С., Жуков И. Ю., Аронова Е. В. и др. Методические рекомендации по выделению и титрованию вируса африканской чумы свиней в культуре клеток селезенки свиней: утв. ФГБУ «ВНИИЗЖ» 15.03.2019 № 09-19. Владимир; 2019. 24 с.
23. Juskiewicz M., Walczak M., Mazur-Panasiuk N., Woźniakowski G. Virucidal effect of chosen disinfectants against African swine fever virus (ASFV) – preliminary studies. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2019; 22 (4): 777–780. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2019.131407>
24. Wei R., Wang X., Liu X., Guo C. Chlorine dioxide inhibits African swine fever virus by blocking viral attachment and destroying viral nucleic acids and proteins. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:844058. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.844058>
25. Juskiewicz M., Walczak M., Mazur-Panasiuk N., Woźniakowski G. Effectiveness of chemical compounds used against African swine fever virus in commercial available disinfectants. *Pathogens*. 2020; 9 (11):878. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110878>
26. Beato M. S., D'Errico F., Iscaro C., Petri S., Giammaroli M., Feliziani F. Disinfectants against African swine fever: an updated review. *Viruses*. 2022; 14 (7):1384. <https://doi.org/10.3390/v14071384>

REFERENCES

- Petrova O. N., Karaulov A. K. Sravnitel'nyi analiz ushcherba ot rasprostraneniya osobopasnykh boleznei zhivotnykh na territorii RF za 2018–2020 gg. s elementami prognoza na 2021 g. = Comparative analysis of the damage caused by spread of highly dangerous animal diseases in the Russian Federation for 2018–2020, with projections for 2021. *BIO*. 2021; (5): 12–18. <https://elibrary.ru/pwuhnj> (in Russ.)
- WOAH. Terrestrial Animal Health Code. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access>
- WOAH. Manual of Diagnostic Test and Vaccines for Terrestrial Animals. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access>
- Veterinary rules for implementation of preventive, diagnostic, restrictive and other measures, imposing and lifting quarantine and other restrictions to prevent spread and eradicate outbreaks of African swine fever: approved by Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 37. 28.01.2021. <https://docs.cntd.ru/document/573473462?ysclid=m6abw-80wls994110372> (in Russ.)
- Makarov V. V., Sukharev O. I., Litvinov O. B. African swine fever virus: resistance, persistence, decontamination. *Veterinariya*. 2012; (9): 23–25. <https://elibrary.ru/pdslt> (in Russ.)
- Makarov V. V., Grubyy V. A. African swine fever: epizootic polymorphism and control. Part II. History and geography of successful eradication. *Veterinary Science Today*. 2013; (3): 21–25. <https://elibrary.ru/ratovp> (in Russ.)
- Sauter-Louis C., Conraths F. J., Probst C., Blohm U., Schulz K., Sehl J., et al. African swine fever in wild boar in Europe – a review. *Viruses*. 2021; 13 (9):1717. <https://doi.org/10.3390/v13091717>
- Vlasov M. E., Slivko I. A., Sereda A. D. Persistence of African swine fever virus in environmental objects. *Veterinariya*. 2018; (10): 17–22. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.10.17-22> (in Russ.)
- Beltran-Alcrudo D., Arias M., Gallardo C., Kramer S. A., Penrith M. L., Kamata A., Penrith M. L. African Swine Fever: Detection and Diagnosis – a manual for veterinarians. Rome: FAO; 2017. 88 p. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7228en>
- Vlasov M. E. Biological properties of African swine fever virus isolates recovered in various regions of the Russian Federation from wild boars and domestic pigs: Author's thesis for degree of Cand. Sci. (Veterinary Medicine). Volginsky; 2021. 149 p. (in Russ.)
- Sindryakova I. P., Morgunov Yu. P., Chichikin A. Yu., Gazaev I. Kh., Kudryashov D. A., Tsybanov S. Zh. The influence of temperature on the Russian isolate of African swine fever virus in pork products and feed with extrapolation to natural conditions. *Agricultural Biology*. 2016; 51 (4): 467–474. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.4.467eng>
- SanPiN 3.3686-21 Sanitary and epidemiological requirements for prevention of infectious diseases: approved by resolution No. 4 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 28.01.2021 (as amended on 25.05.2022). <https://docs.cntd.ru/document/573660140?ysclid=m6akzus7b3685301845> (in Russ.)
- Rules for disinfection and decontamination at the facilities under state veterinary surveillance: approved by Ministry of Agriculture of Russia No. 13-5-2/0525 15.07.2002. <https://base.garant.ru/70268920?ysclid=m6aleudxu5550644985> (in Russ.)
- Botalova D. P., Kuzmin V. A., Igolkin A. S., Tsiple S. Yu., Kasatkin A. S. Virucidal activity of disinfectants “Dezon VetKlin” and “Dezon Vet” against the African swine fever virus. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2022; (4): 16–23. <https://doi.org/10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.16> (in Russ.)
- Gerashimov V. N., Kuzmin V. A., Vasinsky R. G. Modern disinfectants in system of measures to prevent the introduction and spread of African swine fever virus in the Russian Federation. *Veterinaria Kubani*. 2017; (1): 15–16. <https://elibrary.ru/zduibr> (in Russ.)
- Balyshov V. M., Balyshova V. I., Bolgova M. V., Zhivoderov S. P., Selyaninov Y. O. Inactivating effect aerosols of some disinfectants on African swine fever virus. *Veterinariya*. 2016; (11): 44–47. <https://elibrary.ru/wzixpb> (in Russ.)
- МУ 3.5.2431-08 Studying and evaluating virucidal activity of disinfectant products: guidelines. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of the Federal Office for Inspectorate in the Field of Customers and Human Well-Being Protection; 2010. 39 p. (in Russ.)
- Shestopalov N. V., Panteleyeva L. G., Sokolova N. F., Abramova I. M., Lukichev S. P. Federal clinical guidelines on selection of chemical disinfectant products and sterilization products to be used in medical organizations. Moscow: Remedium Privolzh'e; 2015. 56 p. <https://elibrary.ru/tytfur> (in Russ.)
- Vorobiev A. A., Krivoshein Yu. S., Shirobokov V. P. Medical and sanitary microbiology: a textbook. Moscow: Academia; 2003. 464 p. (in Russ.)

20. Igolkin A. S., Gruzdev K. N. African swine fever: study guide. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2021. 126 p. (in Russ.)

21. Laboratory test methods for medical and preventive disinfectants to assess their effectiveness and safety: guidelines. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of the Federal Office for Inspectorate in the Field of Customers and Human Well-Being Protection; 2010. 615 p. (in Russ.)

22. Mazloum A., Sharypova D. V., Gavrilova V. L., Puzankova O. S., Zhukov I. Yu., Aronova E. V., et al. Methodical guidelines for the isolation and titration of African swine fever virus in porcine spleen cell culture: approved by the Federal Centre for Animal Health on 15.03.2019 No. 09-19. Vladimir; 2019. 24 p. (in Russ.)

23. Juskiewicz M., Walczak M., Mazur-Panasiuk N., Woźniakowski G. Virucidal effect of chosen disinfectants against African swine fever virus (ASFV) – preliminary studies. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2019; 22 (4): 777–780. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2019.131407>

24. Wei R., Wang X., Liu X., Guo C. Chlorine dioxide inhibits African swine fever virus by blocking viral attachment and destroying viral nucleic acids and proteins. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:844058. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.844058>

25. Juskiewicz M., Walczak M., Mazur-Panasiuk N., Woźniakowski G. Effectiveness of chemical compounds used against African swine fever virus on commercial available disinfectants. *Pathogens*. 2020; 9 (11):878. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110878>

26. Beato M. S., D'Errico F., Iscaro C., Petrini S., Giammarioli M., Feliziani F. Disinfectants against African swine fever: an updated review. *Viruses*. 2022; 14 (7):1384. <https://doi.org/10.3390/v14071384>

Поступила в редакцию / Received 03.12.2024

Поступила после рецензирования / Revised 17.01.2025

Принята к публикации / Accepted 09.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Иголкин Алексей Сергеевич, канд. вет. наук, заведующий референтной лабораторией по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5438-8026>, igolkin_as@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>, shevcev@arriah.ru

Колбин Иван Сергеевич, младший научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4692-1297>, kolbin@arriah.ru

Пузанкова Ольга Сергеевна, канд. вет. наук, старший научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1584-3169>, puzankova@arriah.ru

Гаврилова Вера Львовна, канд. биол. наук, научный сотрудник референтной лаборатории по африканской чуме свиней ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-5843-2779>, gavrilova_vl@arriah.ru

Чернышев Роман Сергеевич, 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

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

Alexey S. Igolkin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), 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

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>, shevcev@arriah.ru

Ivan S. Kolbin, Junior Researcher, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4692-1297>, kolbin@arriah.ru

Olga S. Puzankova, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1584-3169>, puzankova@arriah.ru

Vera L. Gavrilova, Cand. Sci. (Biology), Researcher, Reference Laboratory for African Swine Fever, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-5843-2779>, gavrilova_vl@arriah.ru

Roman S. Chernyshev, Junior Researcher, 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: Лаврентьев И. А. – формирование идеи, развитие ключевых целей и задач, подготовка текста рукописи, проведение статистического анализа; Иголкин А. С. – формирование идеи, развитие ключевых целей и задач, утверждение окончательного варианта рукописи; Шевцов А. А. – подготовка текста рукописи; Колбин И. С. – проведение экспериментов; Пузанкова О. С. – проведение экспериментов; Гаврилова В. Л. – проведение экспериментов; Чернышев Р. С. – формирование идеи, разработка методологии, проведение экспериментов, подготовка текста рукописи.

Contribution of the authors: Lavrentiev I. A. – formulating the idea, developing key goals and objectives, preparing the manuscript, conducting statistical analysis; Igolkin A. S. – formulating the idea, developing key goals and objectives, approving of the manuscript final version; Shevtsov A. A. – preparing the manuscript text; Kolbin I. S. – conducting experiments; Puzankova O. S. – conducting experiments; Gavrilova V. L. – conducting experiments; Chernyshev R. S. – formulating the idea, developing methods, conducting experiments, preparing the manuscript text.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-164-170>
УДК 619:616.98:579.873.21:636.22/.28:616.9-07

К совершенствованию дифференциальной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота в условиях Республики Дагестан

М. О. Баратов

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан» (Прикаспийский зональный НИВИ – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД»), ул. Дахадаева, 88, г. Махачкала, 367000, Республика Дагестан, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При диагностике туберкулеза неспецифические реакции на туберкулин являются одной из наиболее важных проблем, увеличивающихся с каждым годом. Учитывая сложную ситуацию, в том числе и эпидемиологическую, совершенствование методов диагностики туберкулеза крупного рогатого скота является весьма актуальным.

Цель исследования. Разработка эффективного комплексного метода дифференциальной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота и внедрение усовершенствованной схемы выявления инфекции в хозяйствах с различным эпизоотическим состоянием в условиях Республики Дагестан.

Материалы и методы. Аллергическим исследованиям подвергли 1670 гол. крупного рогатого скота, серологическим – 3502 образца сывороток крови, иммунологическим – 112 проб, бактериологическим – 57 проб патматериала, отобранного от животных, и 76 проб – из объектов внешней среды. В исследовании использовали штаммы культур *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium bovis* БЦЖ, *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium scrofulaceum*.

Результаты. Установлено широкое распространение неспецифических реакций во всех категориях хозяйств республики. Определена диагностическая ценность внутрикожной и внутривенной проб в неблагополучных по туберкулезу стадах, где число дополнительно выявляемых больных составило 9,4%. Реакция связывания комплемента имеет низкую чувствительность и высокую специфичность. Результаты реакции непрямой гемагглютинации в большинстве случаев не подтверждаются классическими методами, что определяет ее низкую специфичность. Из 57 проб биоматериала было изолировано и идентифицировано 39 культур микобактерий: 8 (20,5%) – *M. bovis*; 31 (79,5%) – нетуберкулезные кислотоустойчивые виды, из которых 29 (93,5%) относятся к II группе по классификации Раньона, 2 (6,5%) – к III группе. Из 76 проб объектов внешней среды изолированы 43 культуры, из которых 2 (4,6%) отнесены к *Mycobacterium bovis*, 23 (53,5%) – к II группе и 18 (41,9%) – к III группе по классификации Раньона. Наилучшими ростовыми и ингибирующими постороннюю микрофлору свойствами обладает яичная среда Левенштейна – Йенсена.

Заключение. Полученные данные являются базисной основой для разработки эффективного комплексного метода дифференциальной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота.

Ключевые слова: туберкулез, крупный рогатый скот, аллергическая диагностика, серологические тесты, иммунологические методы, микобактерии, питательные среды, нетуберкулезные виды, благополучные хозяйства, ППД-туберкулин

Для цитирования: Баратов М. О. К совершенствованию дифференциальной диагностики туберкулеза крупного рогатого скота в условиях Республики Дагестан. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 164–170. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-164-170>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Баратов Магомед Омарович, д-р вет. наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией инфекционной патологии сельскохозяйственных животных, Прикаспийский зональный НИВИ – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД», ул. Дахадаева, 88, г. Махачкала, 367000, Республика Дагестан, Россия, alama500@rambler.ru

Towards improved differential diagnostics of bovine tuberculosis in the Republic of Dagestan

Magomed O. Baratov

Caspian Regional Research Veterinary Institute – Branch of Dagestan Agriculture Science Center, 88 Dakhadaeva str., Makhachkala 367000, Republic of Dagestan, Russia

ABSTRACT

Introduction. Non-specific tuberculin reactions are among the most critical challenges in tuberculosis diagnosis, with their incidence increasing annually. Given the complex epidemiological challenges, improving bovine tuberculosis diagnostics is critically important.

Objective. Development of effective comprehensive differential bovine tuberculosis diagnosis and introduction of improved techniques for the infection detection in farms with different animal health statuses in the Republic of Dagestan.

Materials and methods. 1,670 cattle were subjected to tuberculin testing; 3,502 serum samples were used for serological testing, 112 samples for immunological testing, 57 samples of pathological material collected from animals and 76 environmental samples were used for bacteriological testing. *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium bovis* BCG, *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium scrofulaceum* strains were used in the study.

Results. Nonspecific reactions in the farms of all categories were found to be widespread in the Republic. Diagnostic value of intradermal and intravenous tuberculin tests in tuberculosis-infected herds was determined (9.4% of extra-detected diseased animals). Complement fixation test is poorly sensitive and highly specific.

© Баратов М. О., 2025

Indirect haemagglutination assay results are not confirmed by conventional methods in most cases, which suggests their low specificity. 39 mycobacterial isolates were recovered from 57 biological samples and identified: 8 (20.5%) as *M. bovis*; 31 (79.5%) as non-tuberculous mycobacteria (acid-fast species), among them 29 (93.5%) were identified as Runyon II organisms, 2 (6.5%) as Runyon III organisms. 43 isolates out of 76 environmental samples were recovered: among them 2 (4.6%) were identified as *Mycobacterium bovis*, 23 (53.5%) as Runyon II organisms and 18 (41.9%) as Runyon III organisms. Among culture media, Löwenstein-Jensen's egg-based medium provides the best growth performance and most effective suppression of competing microflora.

Conclusion. The obtained data provide a fundamental basis for developing an effective comprehensive method for differential diagnosis of bovine tuberculosis.

Keywords: tuberculosis, cattle, skin test, serological tests, immunological methods, mycobacteria, nutrient media, non-tuberculous species, disease-free farms, PPD tuberculin

For citation: Baratov M. O. Towards improved differential diagnostics of bovine tuberculosis in the Republic of Dagestan. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 164–170. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-164-170>

Conflict of interests: The author declares no conflict of interests.

For correspondence: Magomed O. Baratov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Chief Researcher, Head of Laboratory of Infectious Pathology of Farm Animals, Caspian Regional Research Veterinary Institute – Branch of Dagestan Agriculture Science Center, 88 Dakhadaeva str., Makhachkala 367000, Republic of Dagestan, Russia, alama500@rambler.ru

ВВЕДЕНИЕ

В борьбе с туберкулезом животных в Прикаспийском регионе, в том числе Республике Дагестан, достигнуты определенные успехи. В то же время анализ эпизоотической ситуации на данной территории свидетельствует о том, что степень распространения болезни в субъектах неодинаковая и количество неблагополучных пунктов за последние годы практически не изменилось [1, 2, 3, 4].

Практика показывает, что за реализацией мероприятий по недопущению заноса инфекции в благополучные хозяйства и оздоровлению неблагополучных пунктов должен быть постоянный контроль. Массовые бесконтрольные перемещения скота, продуктов животноводства, кормов создают угрозу заноса возбудителя болезни в благополучные хозяйства. Все эти обстоятельства обуславливают необходимость постоянно совершенствовать меры профилактики и борьбы с туберкулезом крупного рогатого скота (КРС) с учетом изменяющейся эпизоотической обстановки и особенностей современного животноводства [5, 6].

Одним из главных вопросов в системе мер борьбы является квалифицированная диагностика, нередко требующая проведения комплексных и специальных исследований, не регламентированных действующими правилами [7, 8].

На фоне снижения заболеваемости животных туберкулезом все актуальнее становится проблема неспецифических реакций, проявление которых не связано с заболеванием. В то же время из-за несовершенства методов дифференциации такие реакции наносят большой экономический ущерб, выражающийся в неоправданном убое здорового поголовья и проведении ветеринарно-санитарных мероприятий [9, 10].

В силу того что многие аспекты механизмов возникновения указанных реакций остаются неизученными, продолжает иметь место множественность понятий [11, 12].

До настоящего времени не до конца выяснены этиологические факторы неспецифической сенсibilизации организма животных к ППД-туберкулину. Данные литературы отечественных и зарубежных исследователей показывают, что основной причиной неспецифиче-

ской сенсibilизации организма у здоровых животных являются нетуберкулезные микобактерии и кислотоустойчивые актиномицеты, близкородственные по морфологическим, культуральным, физиологическим и генетическим свойствам микобактериям [13, 14].

Имеются сообщения, что сенсibilизирующими свойствами к туберкулину обладают и микобактериоподобные микроорганизмы (коринебактерии, нокардии, родококки), имеющие общие группоспецифические данные с микобактериями [3, 4, 15, 16, 17].

Вместе с тем установлено, что не все больные туберкулезом животные реагируют на туберкулиновую пробу. Известно также, что при исследовании животных различными методами выявляются реагирующие только на определенную пробу, что, вероятно, связано с хроническим многостадийным течением болезни, воздействием факторов внешней среды, физиологическим состоянием организма и др. [18, 19, 20, 21].

Безусловно, это затрудняет постановку диагноза «туберкулез» и вызывает необходимость использования комплекса диагностических тестов, в числе которых аллергический, серологический, бактериологический и иммунологический. Каждый из этих методов наряду с недостатками имеет и достоинства, благодаря чему и повышается эффективность диагностики [22, 23, 24].

Следует отметить, что в настоящее время единый алгоритм диагностики не разработан, более того, роль серологических и иммунологических методов, на наш взгляд, часто недооценивается [25, 26, 27].

В этой связи дальнейшее изучение вопросов сенсibilизации, распространения микобактерий и родственных микроорганизмов в природе, частоты их выделения из биоматериала реагирующих на туберкулин животных и объектов внешней среды, способности сенсibilизировать организм к туберкулину и их эпизоотическое значение имеют большую научную и практическую ценность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характер аллергических реакций подтверждали исследованием с использованием внутрикожной и смультанной проб с применением ППД-туберкулина для млекопитающих и комплексного аллергена

Таблица 1
Соотношение реагирующего на туберкулин и больного туберкулезом КРС в Республике Дагестан в 2022–2023 гг.

Table 1
Percentage ratio of tuberculin reactors and tuberculosis-infected cattle in the Republic of Dagestan in 2022–2023

Зона	Исследовано КРС, гол.	Количество реагирующего на туберкулин КРС		Выявлено больного КРС, гол.	Соотношение реагирующего и больного КРС, %
		гол.	%		
Горная	167	45	26,9	2	4,44
Предгорная	182	59	32,4	–	–
Равнинная	201	66	32,8	4	6,06
Всего	550	170	30,9	6	3,5

из атипичных микобактерий (КАМ) согласно «Ветеринарным правилам осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидации очагов туберкулеза»¹, вступившим в силу 1 марта 2021 г. Всего исследовано 1670 гол. КРС разного возраста (коровы, нетели).

Провели сравнительный анализ результатов исследований: аллергических на основе внутрикожной, внутривенной, пальпебральной, глазной проб в неблагополучных по туберкулезу КРС хозяйствах – 170 гол., симультанной и пальпебральной проб в благополучных хозяйствах – 386 гол.; серологических: РСК с КТА (реакция связывания комплемента с комплексным туберкулезным антигеном) – 1411 образцов сывороток крови, РНГА (реакция непрямого гемагглютинации) с эритроцитарным диагностикумом – 2091 проба; иммунологических: РОК (реакция розеткообразования), РБТЛ (реакция бласттрансформации лимфоцитов), РСЛЛ (реакция специфического лизиса лейкоцитов) – 112 проб; бактериологических – 57 проб биоматериала и 76 проб из объектов внешней среды.

Отбор патматериала (кровь, кусочки пораженной ткани, лимфатические узлы), транспортировку, хранение, предпосевную обработку, подготовку питательных сред проводили согласно «Справочнику по микробиологическим и вирусологическим методам исследования» (под ред. М. О. Биргера, 1982).

В работе использовались эпизоотические штаммы культур *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium bovis* БЦЖ, *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium scrofulaceum*, выделенные из гомогената патологического материала и объектов внешней среды, а также коллекционные штаммы этих культур, хранящиеся в лаборатории.

Биоматериал от реагирующего на туберкулин КРС из неблагополучных по туберкулезу хозяйств обрабатывали по методу Аликаевой.

Кусочки патологического материала измельчали в фарфоровой ступке, растирали с битым стеклом, гомогенат разливали в стерильные флаконы в равных частях 1:1 с 3%-м раствором $C_{12}H_{25}SO_4Na$ (лаурилсульфат натрия), после перемешивания оставляли при комнатной температуре на 20 мин. Затем флаконы

с гомогенатом центрифугировали в течение 20 мин при 1500 об/мин, сливали надосадочную жидкость, осадок промывали двукратно стерильной дистиллированной водой и проводили посевы на среды Левенштейна – Йенсена, Финн-2, Петраньяни, Гельберга и модифицированную среду Школьниковой с целью обнаружения и исключения дефектных по клеточной стенке форм микобактерий – L-форм.

Пробы из объектов внешней среды (сено, солома, соскобы с кормушек, почва, навоз) измельчали, заливали физраствором, растирали и разливали по флаконам в соотношении 1:1 с 5%-м раствором H_2SO_4 (серной кислоты) и оставляли при комнатной температуре на 30 мин. Затем флаконы центрифугировали при 1500 об/мин в течение 20 мин, сливали надосадочную жидкость, промывали осадок двукратно центрифугированием и использовали для посева. Каждую пробу из осадка высевали в 8 пробирках и инкубировали в термостате при температуре 37–38 °С.

Дифференциацию возбудителей туберкулеза и атипичных микобактерий проводили в соответствии с ГОСТ 26072–89 (СТ СЭВ 3457-81) «Животные и птица сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики туберкулеза»² и ГОСТ 27318–87 (СТ СЭВ 5627–86) «Животные сельскохозяйственные. Методы идентификации атипичных микобактерий»³.

Все манипуляции с животными выполняли в соответствии с Европейской конвенцией ETS № 123.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов аллергических исследований свидетельствует о том, что в Республике Дагестан у КРС ответные реакции на ППД-туберкулин для млекопитающих распространены повсеместно, независимо от природно-климатических зон.

Количество реагирующих животных во всех категориях хозяйств составило 30,9% от числа исследованных, причем значительная часть – в благополучных хозяйствах, что указывает на широкое распространение неспецифических реакций у здорового КРС.

Следует отметить, что число реагирующих на туберкулин особей в благополучных хозяйствах горных и предгорных районов незначительно меньше, чем в хозяйствах равнинной зоны (табл. 1).

Приведенные цифры достоверно отличаются от ранее опубликованных данных, где отмечалась зависимость количества реагирующих на туберкулин животных от вертикальной зональности. Сопоставительный картографический анализ свидетельствует, что во второй половине прошлого века и начале текущего регистрировалась зависимость количества как реагирующих на туберкулин, так и подтвержденных на туберкулез диагнозов от численности и плотности размещения животных и приуроченности к равнинной зоне.

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии достоверных различий в численности реагирующих на туберкулин и больных туберкулезом животных в зависимости от природно-климатической зональности. Значительное количество реагирующих (45) и с выявленным туберкулезом (2) животных во всех категориях хозяйств в горной зоне (соотношение 4,44%), несмотря на наличие факторов, способствующих

¹ <https://docs.cntd.ru/document/565721619>

² <https://docs.cntd.ru/document/1200025492>

³ <https://docs.cntd.ru/document/1200025497>

повышению иммунного статуса, объясняется беспорядочными бесконтрольными межхозяйственными связями, огромным количеством перегоняемого сезонного скота и большой долей случаев ввоза кормов из равнинной зоны.

Следует отметить, что отсутствие подтвержденного диагноза у КРС из числа реагирующих животных в предгорной зоне не следует интерпретировать как благополучие в пределах данной зоны, поскольку выявление больных животных ранее здесь происходило с не меньшей частотой, чем в равнинной зоне. Приводимые данные следует считать промежуточными и должны подтверждаться ежегодно.

Необходимо указать, что число реагирующего на туберкулин КРС заметно возрастает в весенние и осенние месяцы. На этот период приходится более 80% случаев выявления реагирующих животных от общего количества за год.

В целях сравнительного изучения эффективности различных аллергических методов в диагностике туберкулеза в неблагополучных хозяйствах были проведены исследования 170 гол. КРС внутрикожной, внутривенной, пальпебральной и глазной пробами (рис. 1).

В результате определены диагностическая ценность внутрикожной и внутривенной проб и их место в системе плановых исследований на туберкулез. Установлено, что для исследования животных из неблагополучных по туберкулезу стад наиболее результативным является их комплексное применение. При этом численность дополнительно выявляемых больных животных составляла 9,4%. Данный метод оказался эффективным и при первичной постановке диагноза для дифференциации неспецифических реакций на туберкулин.

При сравнительном испытании симультанной и пальпебральной проб на животных из благополучных хозяйств при первичной постановке диагноза (исследовано 386 гол.) получили неопределенные результаты (рис. 2): при применении симультанной пробы на ППД-туберкулин реагировало 19 гол. (4,9%), КАМ – 15 гол. (3,9%); при пальпебральном введении туберкулина – 4 гол. (1,0%).

В современных условиях, когда в Республике Дагестан сосредоточено 21,3% российского поголовья мелкого рогатого скота (1-е место в России), 5,3% поголовья крупного рогатого скота (3-е место), большая часть которого содержится в частных подворьях, важно определить эффективный метод дифференциации неспецифических реакций. Официально регламентированный метод симультанной пробы в этих условиях оказался неприемлем, проведение диагностического убоя по показаниям внутрикожной пробы не разрешено действующими правилами. Исследования показали, что в данном случае наиболее эффективной оказалась внутривенная проба, особенно при исследовании нескольких голов КРС частного владельца.

Сравнительный анализ показал, что при патологоанатомическом осмотре и лабораторных исследованиях биоматериала от животных, реагирующих одновременно на внутрикожную и внутривенную пробы, в 95,8% случаев подтверждается туберкулез. Кроме того, в длительно неблагополучных по туберкулезу стадах внутривенная проба дополнительно выявляет анергичных к туберкулину животных, численность которых, по многочисленным данным, составляет от 0,2 до 0,7%.



Рис. 1. Определение диагностической ценности аллергических проб в неблагополучных по туберкулезу хозяйствах

Fig. 1. Assessment of diagnostic value of tuberculin tests in tuberculosis-infected farms

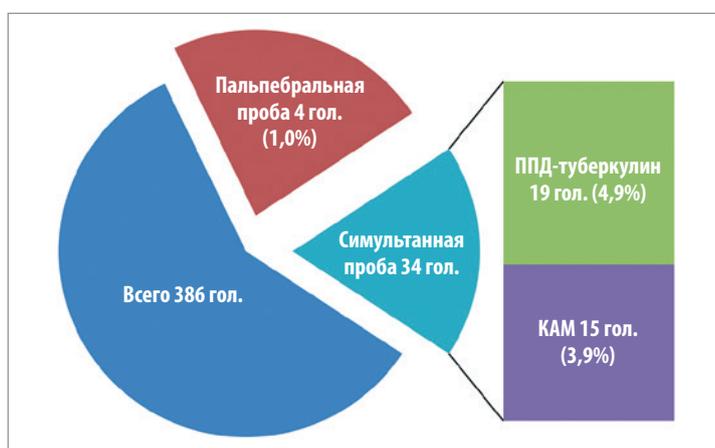


Рис. 2. Результаты сравнительного испытания симультанной и пальпебральной проб

Fig. 2. Results of comparative analysis of simultaneous and palpebral tests

В целях изучения частоты выявления реагирующих на внутрикожную пробу животных, находящихся в стойло-пастбищных условиях, провели исследования в частных подворьях двух населенных пунктов предгорной зоны (Карабудахкентский и Буйнакский районы – 167 гол.) и хозяйствах разных форм собственности равнинной зоны (СПК «Львовское» Бабаюртовского района – 123 гол., КФХ «Тельмана» Кизлярского района – 274 гол.). Результаты представлены на рисунке 3.

Установлено, что во всех хозяйствах, кроме КФХ «Тельмана» Кизлярского района, количество реагирующего на ППД-туберкулин КРС составило более 10%.

Анализ результатов серологических исследований основан на параллельном использовании аллергических методов: 1411 проб сывороток крови животных в РСК с КТА и 2091 проба в РНГА с тремя эритроцитарными антигенами (*M. bovis*, *M. avium*, *M. fortuitum*). При этом не было обнаружено достоверной корреляции между количеством реагирующих на внутрикожную пробу и численностью животных, в сыворотках крови которых были обнаружены диагностические титры антител в серологических реакциях.

Низкая чувствительность и высокая специфичность РСК (от 85 до 100%) определяют ее место в диагностике.



Рис. 3. Количество реагирующих на туберкулин животных, откармливаемых в стойло-пастбищных условиях
Fig. 3. Number of tuberculin reactors raised in stall/pasture conditions

Считаем, что РСК с успехом можно использовать для выявления анергичных животных в длительно неблагополучных оздоравливаемых стадах. Наши наблюдения показывают, что число таких животных в отдельных хозяйствах может достигать до 10%.

Результаты высокочувствительной реакции РНГА с эритроцитарным диагностикумом в большинстве случаев не подтверждаются данными классических методов (патолого-анатомическим и лабораторным), что определяет ее низкую специфичность при выявлении туберкулеза. Данная реакция с несколькими диагностикумами может служить как дополнительный тест для дифференциации неспецифических реакций на туберкулин.

Изучение результатов тестов клеточного иммунитета (РОК, РБТЛ, РСЛЛ) показало, что они достаточно специфичны и чувствительны, однако их применение при массовых исследованиях практически невозможно из-за сложности методики постановки и они могут быть использованы в научных целях.

Результаты бактериологического анализа продемонстрировали, что *M. bovis* выделяется в чистой культуре практически во всех случаях исследования проб биоматериала от животных с характерными туберку-

лезными изменениями и примерно в 6% случаев при отсутствии таковых.

Из 57 проб биоматериала было изолировано и идентифицировано 39 культур микобактерий: 8 (20,5%) – *M. bovis*; 31 (79,5%) – нетуберкулезные кислотоустойчивые виды, из которых 29 (93,5%) относятся к II группе по классификации Раньона, 2 (6,5%) – к III группе.

Из объектов внешней среды было отобрано 76 проб, удалось изолировать 43 культуры, из которых 2 (4,6%) отнесены к *M. bovis*, 23 (53,5%) – к II группе, 18 (41,9%) – к III группе по классификации Раньона (табл. 2).

Выявлена нестабильность частоты изолирования отдельных видов микобактерий из биоматериала от животных в различные периоды эпизоотического процесса. Если в стадии проявления и развития данного процесса число изолирования *M. bovis* составляло около 40%, то на стадии угасания оно соответствовало 14%. Аналогичные изменения наблюдались и в группах нетуберкулезных микобактерий.

Следует отметить параллелизм в частоте и количестве выделения нетуберкулезных микобактерий из биоматериала и объектов внешней среды примерно в равных соотношениях во всех природно-климатических зонах.

Испытание ростовых свойств различных питательных сред проводили путем посева 34 культур микобактерий: 7 (20,6%) по результатам идентификации относились к *M. bovis*, 27 (79,4%) – к нетуберкулезным кислотоустойчивым видам, из них 11 (40,7%) принадлежали к II группе и 16 (59,3%) – к III группе по классификации Раньона. Высеваемость оценивали по количеству колоний и скорости роста (табл. 3).

На среде Левенштейна – Йенсена регистрировали заметный рост как *M. bovis* (15 колоний без сопутствующей микрофлоры через 17–19 сут), так и нетуберкулезных микобактерий (19 колоний *M. avium* через 8 сут и 16 колоний *M. srofulaceum* через 7 сут). Среда Финн-2 незначительно уступала как по скорости роста, так и по количеству колоний (9 мелких колоний *M. bovis* через 17 сут; 6, 17, и 13 колоний *M. bovis* БЦЖ, *M. avium* и *M. srofulaceum* соответственно через 6–11 сут). На остальных средах культура росла медленно в виде мелких колоний.

Таблица 2
Количество изолированных культур из объектов внешней среды и биоматериала
Table 2
Number of isolates from environmental and biological samples

Пробы	Количество	Изолировано	Идентифицировано					
			<i>M. bovis</i>		Нетуберкулезные виды			
					II группа Раньона		III группа Раньона	
			ед.	%	ед.	%	ед.	%
Из биоматериала	57	39	8	20,5	29	93,5	2	6,5
Из объектов внешней среды	76	43	2	4,6	23	53,5	18	41,9

Таблица 3
Показатели высеваемости на разных питательных средах

Table 3
Isolation rates for different nutrient media

Питательная среда	<i>M. bovis</i>		<i>M. bovis</i> БЦЖ		<i>M. avium</i>		<i>M. scrofulaceum</i>	
	Количество колоний	Скорость роста, сут	Количество колоний	Скорость роста, сут	Количество колоний	Скорость роста, сут	Количество колоний	Скорость роста, сут
Левенштейна – Йенсена	15	17–19	10	8	19	8	16	7
Финн-2	9	17	6	7	17	11	13	6
Петраньяни	5	20	7	6	10	12	8	10
Гельберга	6	24	3	8	6	10	4	8

ВЫВОДЫ

1. Показана эффективность комплекса дифференциально-диагностических тестов, включающего пальпаторную, внутривенную и внутрикожную туберкулиновую пробы. Комплексное использование этих проб обеспечивает полноту выявления больных животных в неблагополучных по туберкулезу стадах и надежность дифференциации неспецифических реакций на ППД-туберкулин для млекопитающих.

2. Исследования, проведенные за последние 3 года, указывают на высокую частоту выявления реагирующих на туберкулин животных, число которых в отдельных хозяйствах достигает более 18%. В большинстве случаев природа данных реакций остается невыясненной.

3. Анализ результатов серологических исследований указал на достаточно высокую специфичность РСК при диагностике туберкулеза. Считаю целесообразным применение данной реакции в качестве дополнительного метода, в частности для выявления анергичных к туберкулину животных. Серологическая (РНГА) и иммунологические реакции (РБЛ, РСЛЛ и РОК) не нашли в настоящее время широкого применения для диагностики туберкулеза животных на практике, оставаясь при этом интересными для науки.

4. Сравнительное изучение наиболее часто используемых в лабораторных условиях сред показало, что яичная среда Левенштейна – Йенсена по высеваемости и скорости роста как типичных, так и нетуберкулезных форм микобактерий превосходит остальные. По высеваемости среда Финн-2 заметно уступает, хотя по скорости роста в ряде случаев превосходит среду Левенштейна – Йенсена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов М. О., Сакидиров О. П., Ахмедов М. М. Эпизоотические особенности туберкулеза крупного рогатого скота. *Экологические проблемы сельского хозяйства и научно-практические пути их решения: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции (Махачкала, 5–6 июня 2017 г.)*. Махачкала: Дагестанский ГАУ; 2017; 102–108. <https://elibrary.ru/zgkmsm>
2. Баратов М. О. К совершенствованию диагностики туберкулеза крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2020; (4): 261–265. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-4-35-261-265>
3. Баратов М. О., Сакидиров О. П. Туберкулез крупного рогатого скота в Республике Дагестан: проблемы и перспективы. *Ветеринария*. 2021; (1): 24–28. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.1.24-28>
4. Нуратинов Р. А., Газимагомедов М. Г. Туберкулез. Махачкала: Планета-Дагестан; 2009. 336 с.
5. Гулюкин М. И., Найманов А. Х., Овдиенко Н. П., Ведерников В. А., Верховский О. А., Толстенко Н. Г. и др. Методические наставления по проведению исследований при микобактериозах животных. М.: ГНУ ВНИИЭВ им. Я. Р. Коваленко; 2012. 85 с.

6. Донченко А. С., Овдиенко Н. П., Донченко Н. А. Диагностика туберкулеза крупного рогатого скота: монография. Новосибирск: Сибирское отделение РАСХН; 2004. 308 с.

7. Найманов А. Х., Овдиенко Н. П., Помыканов Н. П. Диагностика туберкулеза крупного рогатого скота в индивидуальных хозяйствах. *Актуальные проблемы инфекционной патологии и иммунологии животных: материалы конференции (Москва, 16–17 мая 2006 г.)*. М.: Издательство; 2006; 297–302. <https://elibrary.ru/vyftgj>

8. Камалиева Ю. Р. Ретроспективный анализ частоты проявления неспецифических реакций на туберкулин у крупного рогатого скота в Республике Татарстан. *Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК: материалы Международной научной конференции*. Т. 1. Казань: Казанская ГАВМ; 2020; 278–280. <https://elibrary.ru/vvhwcc>

9. Баратов М. О., Гусейнова П. С. К поиску причин сенсibilизации крупного рогатого скота к ППД-туберкулину для млекопитающих. *Ветеринария сегодня*. 2021; 10 (4): 271–276. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-10-4-271-276>

10. Дорожко В. П. Специфическая стимуляция при серологической диагностике туберкулеза крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Киев; 1971. 20 с.

11. Муковнин А. А., Найманов А. Х., Гулюкин А. М. Туберкулез крупного рогатого скота в России. *Ветеринария*. 2020; (7): 19–24. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.7.19-24>

12. Мингалеев Д. Н. Новые средства и методы профилактики туберкулеза молодняка крупного рогатого скота: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Казань; 2018. 42 с.

13. Ионина С. В., Донченко Н. А., Донченко А. С. Взаимосвязь циркуляции атипичных микобактерий туберкулеза во внешней среде с проявлением туберкулиновых реакций у сельскохозяйственных животных. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2016; (1): 41–44. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2016-0-1-41-44>

14. Бокова Т. В. Частота неспецифического реагирования на ППД туберкулин крупного рогатого скота, инфицированного BLV, и разработка схем оздоровления племенных стад от лейкоза в Алтайском крае: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Барнаул; 2001. 27 с.

15. Azuma I., Ajisaka M., Yamamura Y. Polysaccharides of *Mycobacterium bovis* Ushi 10, *Mycobacterium smegmatis*, *Mycobacterium phlei*, and atypical *Mycobacterium* P1. *Infection and Immunity*. 1970; 2 (3): 347–349. <https://doi.org/10.1128/iai.2.3.347-349.1970>

16. Harriff M. J., Cansler M. E., Toren K. G., Canfield E. T., Kwak S., Gold M. C., Lewinsohn D. M. Human lung epithelial cells contain *Mycobacterium tuberculosis* in a late endosomal vacuole and are efficiently recognized by CD8⁺ T cells. *PLoS ONE*. 2014; 9 (5): e97515. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097515>

17. Monin L., Griffiths K. L., Slight S., Lin Y., Rangel-Moreno J., Khader S. A. Immune requirements for protective Th17 recall responses to *Mycobacterium tuberculosis* challenge. *Mucosal Immunology*. 2015; 8 (5): 1099–1109. <https://doi.org/10.1038/mi.2014.136>

18. Власенко В. С. Оптимизация методов контроля и коррекции иммунного статуса при туберкулезе и лейкозе крупного рогатого скота: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Казань; 2011. 43 с.

19. Протодьяконова Г. П. Эпизоотологические и эпидемиологические особенности туберкулеза в Якутии, усовершенствование методов диагностики и специфической профилактики: автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Новосибирск; 2015. 35 с.

20. Carneiro P. A. M., de Moura Sousa E., Viana R. B., Monteiro B. M., Do Socorro Lima Kzam A., de Souza D. C., et al. Study on supplemental test to improve the detection of bovine tuberculosis in individual animals and herds. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17:137. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02839-4>

21. Khairullah A. R., Moses I. B., Kusala M. K. J., Tyasningsih W., Ayuti S. R., Rantam F. A., et al. Unveiling insights into bovine tuberculosis:

a comprehensive review. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14 (6): 1330–1344. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i6.2>

22. Петров П. В., Хайтов Р. М. Основы иммунитета и иммунная биотехнология. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2000; (11): 18–21.

23. Tizard I. R. *Veterinary Immunology: an Introduction*. 6th ed. Philadelphia: Saunders; 2000. 482 p.

24. Ramos D. F., Silva P. E., Dellagostin O. A. Diagnosis of bovine tuberculosis: review of main techniques. *Brazilian Journal of Biology*. 2015; 75 (4): 830–837. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23613>

25. Barksdale L., Kim K. S. *Mycobacterium*. *Bacteriological Reviews*. 1977; 41 (1): 217–372. <https://doi.org/10.1128/br.41.1.217-372.1977>

26. Радченков В. П., Соколовская И. И. Розеткообразующие лимфоциты крупного рогатого скота и рациональные методы их выявления. *Сельскохозяйственная биология*. 1983; (12): 87–91.

27. Джупина С. И. Фундаментальные знания эпизоотического процесса – основа контроля туберкулеза крупного рогатого скота. *Ветеринарная патология*. 2004; (1–2): 45–47. <https://elibrary.ru/hswodp>

REFERENCES

1. Baratov M. O., Sakidibirov O. P., Akhmedov M. M. Epizooticheskie osobennosti tuberkuleza крупного рогатого скота = Epizootic peculiarities of bovine tuberculosis. *Ekologicheskie problemy sel'skogo khozyaystva i nauchno-prakticheskie puti ikh resheniya: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Makhachkala, 5–6 iyunya 2017 g.) = Environmental issues in agriculture and scientific and practical solutions: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Makhachkala, June 5–6, 2017)*. Makhachkala: Dagestan State Agrarian University; 2017; 102–108. <https://elibrary.ru/zgksmn> (in Russ.)

2. Baratov M. O. Improvement of bovine tuberculosis diagnosis. *Veterinary Science Today*. 2020; (4): 261–265. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-4-35-261-265>

3. Baratov M. O., Sakidibirov O. P. Cattle tuberculosis in Dagestan Republic: problems and prospects. *Veterinariya*. 2021; (1): 24–28. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.1.24-28> (in Russ.)

4. Nuratinov R. A., Gazimagomedov M. G. Tuberculosis. Makhachkala: Planeta-Dagestan; 2009. 336 p. (in Russ.)

5. Gulyukin M. I., Naymanov A. Kh., Ovdienko N. P., Vedernikov V. A., Verkhovsky O. A., Tolstenko N. G., et al. Methodical instructions for conducting studies in animal mycobacteriosis. Moscow: All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary. 2012. 85 p. (in Russ.)

6. Donchenko A. S., Ovdienko N. P., Donchenko N. A. Diagnosis of bovine tuberculosis. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2004. 308 p. (in Russ.)

7. Naimanov A. Kh., Ovdienko N. P., Pomykanov N. P. Diagnostika tuberkuleza крупного рогатого скота v individual'nykh khozyaystvakh = Bovine tuberculosis diagnosis on individual farms. *Aktual'nye problemy infektsionnoi patologii i immunologii zhivotnykh: materialy konferentsii (Moskva, 16–17 maya 2006 g.) = Topical issues of animal infectious pathology and immunology: proceedings of the conference (Moscow, 16–17 May 2006)*. Moscow: Izograf; 2006; 297–302. <https://elibrary.ru/vyftgj> (in Russ.)

8. Kamaliev Yu. R. Retrospective analysis of frequency of the occurrence of non-specific reactions to tuberculin in cattle in the Republic of Tatarstan. *Molodezhnye razrabotki i innovatsii v reshenii prioritnykh zadach APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = Young scientists' development and innovations to solve priority agrarian tasks: Proceedings of the International Scientific Conference. Vol. 1*. Kazan: Kazan State Academy of Veterinary Medicine; 2020; 278–280. <https://elibrary.ru/vvhhco> (in Russ.)

9. Baratov M. O., Huseynova P. S. More on search for causes of sensitization to tuberculin PPD for mammals in cattle. *Veterinary Science Today*. 2021; 10 (4): 271–276. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2021-10-4-271-276>

10. Dorozhko V. P. Specific stimulation during serological diagnosis of bovine tuberculosis: Author's abstract of thesis for degree of Cand. Sci. (Veterinary Medicine). Kyiv; 1971. 20 p. (in Russ.)

11. Mukovnin A. A., Naimanov A. H., Gulukin A. M. Bovine tuberculosis in the Russian Federation. *Veterinariya*. 2020; (7): 19–24. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.7.19-24> (in Russ.)

12. Mingaleev D. N. Novel tools and methods of bovine tuberculosis prevention in young animals: Author's abstract of thesis for degree of Dr. Sci. (Veterinary Medicine). Kazan; 2018. 42 p. (in Russ.)

13. Ionina S. V., Donchenko N. A., Donchenko A. S. The relationship between the circulation of atypical mycobacteria in the environment with the manifestation of tuberculin reactions in selskhozaystvennikh. *Innovations and Food Safety*. 2016; (1): 41–44. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2016-0-1-41-44> (in Russ.)

14. Bokova T. V. Frequency of non-specific reactions to PPD tuberculin in BLV infected cattle, and development of leucosis eradication programmes for breeding herds in the Altay Krai: Author's abstract of thesis for degree of Cand. Sci. (Veterinary Medicine). Barnaul; 2001. 27 p. (in Russ.)

15. Azuma I., Ajisaka M., Yamamura Y. Polysaccharides of *Mycobacterium bovis* Ushi 10, *Mycobacterium smegmatis*, *Mycobacterium phlei*, and atypical *Mycobacterium* P1. *Infection and Immunity*. 1970; 2 (3): 347–349. <https://doi.org/10.1128/iai.2.3.347-349.1970>

16. Harriff M. J., Cansler M. E., Toren K. G., Canfield E. T., Kwak S., Gold M. C., Lewinsohn D. M. Human lung epithelial cells contain *Mycobacterium tuberculosis* in a late endosomal vacuole and are efficiently recognized by CD8⁺ T cells. *PLoS ONE*. 2014; 9 (5): e97515. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097515>

17. Monin L., Griffiths K. L., Slight S., Lin Y., Rangel-Moreno J., Khader S. A. Immune requirements for protective Th17 recall responses to *Mycobacterium tuberculosis* challenge. *Mucosal Immunology*. 2015; 8 (5): 1099–1109. <https://doi.org/10.1038/mi.2014.136>

18. Vlasenko V. S. Optimization of immunity control and correction methods during bovine tuberculosis and leucosis: Author's abstract of thesis for degree of Dr. Sci. (Biology). Kazan; 2011. 43 p. (in Russ.)

19. Protodyakonova G. P. Epizootological and epidemiological peculiarities of tuberculosis in Yakutia, improvement of diagnosis and prevention methods: Author's abstract of thesis for degree of Dr. Sci. (Veterinary Medicine). Novosibirsk; 2015. 35 p. (in Russ.)

20. Carneiro P. A. M., de Moura Sousa E., Viana R. B., Monteiro B. M., Do Socorro Lima Kzam A., de Souza D. C., et al. Study on supplemental test to improve the detection of bovine tuberculosis in individual animals and herds. *BMC Veterinary Research*. 2021; 17:137. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02839-4>

21. Khairullah A. R., Moses I. B., Kusala M. K. J., Tyasningsih W., Ayuti S. R., Rantam F. A., et al. Unveiling insights into bovine tuberculosis: a comprehensive review. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14 (6): 1330–1344. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i6.2>

22. Petrov R. V., Khaitov R. M. The bases of immunity and immune biotechnology. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2000; (11): 18–21. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11186283> (in Russ.)

23. Tizard I. R. *Veterinary Immunology: An Introduction*. 6th ed. Philadelphia: Saunders; 2000. 482 p.

24. Ramos D. F., Silva P. E., Dellagostin O. A. Diagnosis of bovine tuberculosis: review of main techniques. *Brazilian Journal of Biology*. 2015; 75 (4): 830–837. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23613>

25. Barksdale L., Kim K. S. *Mycobacterium*. *Bacteriological Reviews*. 1977; 41 (1): 217–372. <https://doi.org/10.1128/br.41.1.217-372.1977>

26. Radchenkov V. P., Sokolovskaya I. I. Rosetting lymphocytes of cattle and rational methods for their detection. *Agricultural Biology*. 1983; (12): 87–91. (in Russ.)

27. Dzhupina S. I. Fundamental'nye znaniya epizooticheskogo protsesa – osnova kontrolya tuberkuleza крупного рогатого скота = Fundamental knowledge of the epidemic process – the basis of bovine tuberculosis control. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2004; (1–2): 45–47. <https://elibrary.ru/hswodp> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 03.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 19.03.2025

Принята к публикации / Accepted 29.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Баратов Магомед Омарович, д-р вет. наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией инфекционной патологии сельскохозяйственных животных Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-8261-5038>, alama500@rambler.ru

Magomed O. Baratov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Chief Researcher, Head of Laboratory of Infectious Pathology of Farm Animals, Caspian Regional Research Veterinary Institute – Branch of Dagestan Agriculture Science Center, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-8261-5038>, alama500@rambler.ru

Вклад автора: Баратов М. О. – формулировка ключевых целей и задач исследования, проведение исследований, сбор, анализ и интерпретация полученных данных, создание рисунков и таблиц, подготовка рукописи.

Contribution of the author: Baratov M. O. – formulation of key research objectives and tasks, testing, data collection, analysis, and interpretation, design of graphical elements and tables, paper drafting.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>
УДК 619:618.19-002:636.22/.28:637.075

Разработка и апробация набора хромогенных сред для экспресс-диагностики мастита крупного рогатого скота

А. В. Капустин, А. И. Лаишевцев, В. А. Савинов, П. Н. Шастин, Х. Х. Гильманов, А. В. Хабарова

ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Мастит крупного рогатого скота является одним из наиболее распространенных и экономически значимых заболеваний в молочном животноводстве. Для его диагностики предложены три хромогенные среды, каждая из которых предназначена для выделения и дифференциации определенных групп возбудителей мастита: среда I – для бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, среда II – для микроорганизмов рода *Staphylococcus*, среда III – для бактерий рода *Streptococcus*.

Цель исследования. Оценка чувствительности, специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред, а также их апробация на образцах молока от коров с маститом.

Материалы и методы. Для оценки чувствительности использовали контрольные штаммы *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* в различных концентрациях (1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл). Рост микроорганизмов оценивали через 24 ч инкубации при 37 °С. Специфичность и дифференцирующие свойства изучали на 22 штаммах микроорганизмов, сравнивая их рост и цвет колоний на хромогенных и контрольной средах. Ингибирующие свойства оценивали по наличию или отсутствию роста культур. Апробацию сред проводили с использованием образцов молока от коров с маститом, используя стандартизированные методы посева и культивирования.

Результаты. Хромогенные среды показали сопоставимую с контрольной средой (колумбийский агар с добавлением 5% дефибрированной крови барана) чувствительность ($p > 0,05$). Среда I обеспечила дифференциацию микроорганизмов по цвету колоний, но имела низкие ингибирующие свойства. Среда II избирательно выделяла стафилококки, подавляя рост других бактерий. Среда III поддерживала рост энтерококков и стрептококков, в том числе *Streptococcus agalactiae*. Апробация на образцах молока подтвердила возможность дифференциации культур до вида.

Заключение. Разработанные хромогенные среды обеспечивают высокую точность диагностики мастита, сочетая чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Их комплексное использование позволяет охватить широкий спектр микроорганизмов и избирательно выделить целевые группы бактерий. Дальнейшая работа будет направлена на улучшение сред для подавления роста грибов и повышения точности диагностики.

Ключевые слова: мастит, экспресс-диагностика, крупный рогатый скот, молоко, хромогенные среды

Благодарности: Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FGUG-2025-0003.

Для цитирования: Капустин А. В., Лаишевцев А. И., Савинов В. А., Шастин П. Н., Гильманов Х. Х., Хабарова А. В. Разработка и апробация набора хромогенных сред для экспресс-диагностики мастита крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 171–178. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия, visik06@mail.ru

Development and testing of a set of chromogenic media for rapid diagnosis of bovine mastitis

Andrey V. Kapustin, Alexey I. Laishevtsev, Vasily A. Savinov, Pavel N. Shastin, Khamid Kh. Gilmanov, Alla V. Khabarova

Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia

ABSTRACT

Introduction. Bovine mastitis remains one of the most prevalent and economically significant diseases in dairy cattle production. Three chromogenic media have been proposed for the diagnosis, each specifically designed for isolation and differentiation of certain mastitis pathogen groups: Medium I is intended for *Enterobacteriaceae* family bacteria, Medium II – for *Staphylococcus* genus microorganisms, Medium III – for *Streptococcus* genus bacteria.

Objective. The objective is to evaluate the sensitivity, specificity, differentiation capacities and inhibitory properties of these chromogenic media, and to test the media using milk samples from mastitic cows.

Materials and methods. For sensitivity testing, the control strains (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*) at concentrations of 1×10^0 , 1×10^1 , and 1×10^2 CFU/mL were used. Microbial growth was assessed following 24-hour incubation at 37 °C. Specificity and differentiation capacities were studied using 22 microbial strains, their growth patterns and colony coloration in chromogenic and control media were compared. Inhibitory properties were determined based on presence/absence of culture growth. The media were evaluated using milk samples from mastitic cows and standardized culturing methods.

Results. The chromogenic media demonstrated sensitivity comparable to the control media (Columbia agar supplemented with 5% defibrinated sheep blood), $p > 0.05$. Medium I enabled reliable color-based differentiation but showed limited inhibitory effects. Medium II ensured selective isolation of staphylococci while effectively suppressing growth of other bacteria. Medium III supported growth of both enterococci and streptococci, including *Streptococcus agalactiae*. The tests conducted in milk samples confirmed genus level differentiation capability.

Conclusion. The developed chromogenic media ensure high-accuracy mastitis diagnosis due to their sensitivity, specificity and differentiation properties. Their implementation makes it possible to cover an extensive range of microorganisms and to selectively isolate the targeted bacterial groups. Further work will be aimed at improving the media for fungal growth suppression and increasing the diagnostic accuracy.

Keywords: mastitis, rapid diagnosis, cattle, milk, chromogenic media

Acknowledgements: The study was conducted as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project FGUG-2025-0003.

For citation: Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Savinov V. A., Shastin P. N., Gilmanov Kh. Kh., Khabarova A. V. Development and testing of a set of chromogenic media for rapid diagnosis of bovine mastitis. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 171–178. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>

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

For correspondence: Vasily A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia, visik06@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Мастит крупного рогатого скота – это воспаление молочной железы, которое является одним из самых распространенных и экономически значимых заболеваний в молочном животноводстве [1, 2, 3]. Его распространение связано со множеством факторов, включающих нарушение гигиены доения, плохие условия содержания коров, неправильную технику доения, снижение иммунитета животных и отсутствие своевременной профилактики [4, 5, 6]. Мастит может протекать как в клинической форме с явными симптомами, такими как отек, покраснение и болезненность вымени, так и в субклинической, когда признаки воспаления отсутствуют, но качество молока ухудшается [7].

Этиология мастита включает две основные группы причин: механические и инфекционные. Механические связаны с травмами вымени, которые могут возникать вследствие неправильной техники доения, использования неисправного доильного оборудования, ушибов или повреждений при выпасе. Такие травмы создают благоприятные условия для возникновения инфекционного процесса, что может привести к развитию воспаления [8]. Однако основную роль в возникновении маститов играют патогенные микроорганизмы [9].

Наиболее распространенными возбудителями мастита являются *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli* и другие [10, 11]. *S. aureus* является одним из наиболее опасных возбудителей, так как он способен вызывать хронические формы мастита, устойчивые к лечению [12, 13, 14, 15]. *S. agalactiae* передается в основном через доильное оборудование и может длительное время сохраняться в организме коровы [16]. *E. coli* часто вызывает острые формы мастита, сопровождающиеся тяжелыми симптомами [17].

Для диагностики инфекционного мастита коров в арсенале ветеринарного врача существует ряд инструментов, которые имеют свои преимущества и недостатки [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Одним из наиболее распространенных методов является бактериологическое исследование молока [25, 26]. Для этого образцы молока отбирают с соблюдением стерильности и высевают на питательные среды. После инкубации в термостате проводят идентификацию микроорганизмов

по их морфологическим, биохимическим и культуральным свойствам. Этот метод позволяет точно определить возбудителя и подобрать эффективное лечение, однако он требует времени (2–3 дня) и специального оборудования [27]. Для ускорения диагностики инфекционного мастита могут использоваться хромогенные среды. Они содержат специальные субстраты, которые изменяют цвет под действием ферментов, вырабатываемых определенными микроорганизмами, и уже на следующие сутки после посева можно определить этиологическую единицу возбудителя мастита. На данный момент применяются различные виды экспресс-тестов, а именно подложки с питательной средой Compact Dry (R-Biopharm AG, Германия) или RIDA® COUNT (Chisso Corporation, Япония) [28, 29]. Линейки наборов представлены различными тестами, направленными на выявление *S. aureus*, энтеробактерий, сальмонелл и на определение общего микробного числа, бактерий из группы кишечной палочки, дрожжей и плесеней.

В лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН) была предложена собственная рецептура набора хромогенных сред, позволяющая дифференцировать возбудителей мастита, не прибегая к длительным лабораторным исследованиям. Набор представлен тремя различными хромогенными средами, которые при комплексном использовании позволяют сделать заключение о спектре возбудителей мастита в каждом конкретном случае. Это дает возможность установить спектр возбудителей, что, в свою очередь, может повлиять на выбор дальнейшей терапии.

Цель работы – определить эффективность и качество предложенного набора хромогенных сред для диагностики мастита крупного рогатого скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Хромогенные среды. Было приготовлено три хромогенные питательные среды.

Среда I предназначена для определения и дифференциации наиболее часто встречаемых микроорганизмов семейства *Enterobacteriaceae*.

Среда II предназначена для определения и дифференциации микроорганизмов рода *Staphylococcus*.

Среда III предназначена для определения и дифференциации микроорганизмов рода *Streptococcus* (в частности, *S. agalactiae*).

Для удобства применения три среды разместили в одной чашке Петри с секторами.

Эффективность хромогенных питательных сред определяли по ряду критериев: чувствительность, специфичность, культуральные свойства контрольных штаммов микроорганизмов, дифференцирующие и ингибирующие свойства. В качестве контрольной использовали коммерческую среду – колумбийский кровяной агар (HiMedia Laboratories Pvt Ltd., Индия) с добавлением 5% дефибринированной крови барана.

Контрольные штаммы. В качестве контрольных штаммов служили 22 культуры разных видов микроорганизмов из коллекции патогенных и вакцинных штаммов микроорганизмов – возбудителей инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН: *E. coli* ATCC 25922, *S. agalactiae* ATCC 8057, *S. aureus* ATCC 12600, *Klebsiella pneumoniae* B-1392, *Proteus mirabilis* B-1382, *Pseudomonas aeruginosa* B-1366, *Salmonella typhimurium* B-1025, *Enterococcus faecalis* B-1399, *Enterococcus faecium* 1921, *Acinetobacter baumannii* 2516, *Enterobacter cloacae* 1322, *Staphylococcus hominis* 1377, *Staphylococcus equorum* 2511, *Staphylococcus haemolyticus* 2505, *Staphylococcus pseudintermedius* B-1849, *Morganella morganii* 1418, *Streptococcus uberis* 2114, *Streptococcus dysgalactiae* 2432, *Streptococcus pyogenes* 1972, *Aerococcus viridans* 2320, *Streptococcus canis* 2326, *Streptococcus suis* 2383.

Подготовка разведений бактериальных суспензий. Исходные бактериальные взвеси готовили с концентрацией $1 \times 10^8 - 1 \times 10^9$ КОЕ/мл, используя фармакопейный стандартный образец (ФСО 3.1.00085). Для получения необходимых посевных концентраций исходные суспензии последовательно титровали десятикратными разведениями.

Определение чувствительности. На исследуемые хромогенные и контрольную среды высевали штаммы *S. agalactiae*, *S. aureus* и *E. coli* по 1 мл в различных

концентрациях: 1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл. Через (24 ± 2) ч инкубации при 37 °С сравнивали количество выросших колоний во всех посевах. Опыт проводили в трех повторностях. Для сравнения средних значений групп и определения статистически значимых различий между ними использовали тест Стьюдента (*t*-критерий): если *p*-значение < 0,05, различия считаются статистически значимыми.

Оценка специфичности. Специфичность определяли для каждой хромогенной среды отдельно. Сравнивали рост и характер изменений колоний различных штаммов бактерий на одной и той же опытной среде и отмечали наличие сходства или различий.

Оценка дифференцирующих свойств. Для определения дифференцирующих свойств сравнивали изменения контрольных штаммов на хромогенных и контрольной средах (структура, цвет колоний, цвет среды вокруг колоний).

Оценка ингибирующих свойств. Ингибирующие свойства определяли по наличию или отсутствию роста культур на хромогенных средах в сравнении с наличием роста на контрольной среде.

Апробация сред с образцами маститного молока. Было отобрано 8 образцов молока в количестве 10 мл от коров с маститом, который подтверждали тестом на соматические клетки «Кенотест» (CID Lines, Бельгия). Отбор проводили в стерильные контейнеры для хранения биологического материала. Срок хранения молока перед посевом составлял не более 2 ч с момента отбора. Температура хранения была в пределах +4...+8 °С. Посев совершали с помощью стерильного ватного тампона: погружали его в молоко, удаляли излишки влаги о стенки контейнера, после чего образец засеивали сплошным газоном на три хромогенные среды. Учет результатов проводили после культивирования в течение 24 ч при температуре 37 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения чувствительности хромогенных сред использовали три целевых штамма (*S. agalactiae*, *S. aureus* и *E. coli*), которые засеивали по 1 мл в трех различных концентрациях (1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл). После культивирования в течение суток при 37 °С подсчитывали количество колониеобразующих единиц на всех средах. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения колониобразующих единиц для каждого исследуемого вида микроорганизма на опытных и контрольной средах

Table 1

Mean colony-forming unit values for each tested microorganism species in experimental and control media

КОЕ/мл		Среда I	Среда II	Среда III	Контроль
<i>S. agalactiae</i>	1×10^2	116,0 ± 11,4	Ингибируется	117,7 ± 12,7	105,3 ± 21,4
	1×10^1	20,3 ± 1,2		21,7 ± 3,8	23,0 ± 6,1
	1×10^0	3,7 ± 1,2		5,7 ± 1,5	3,3 ± 3,5
<i>S. aureus</i>	1×10^2	112,0 ± 14,0	111,3 ± 8,3	Ингибируется	118,3 ± 10,0
	1×10^1	21,7 ± 3,2	17,3 ± 2,1		23,0 ± 6,1
	1×10^0	3,7 ± 2,5	4,0 ± 2,6		3,0 ± 2,6
<i>E. coli</i>	1×10^2	100,3 ± 4,9	Ингибируется	Ингибируется	118,3 ± 9,1
	1×10^1	27,0 ± 2,0			21,7 ± 1,5
	1×10^0	4,3 ± 2,1			2,3 ± 2,3

Таблица 2
Оценка статистической достоверности (*t*-критерий Стьюдента) сравниваемых групп

Table 2
Statistical significance assessment (Student's *t*-test) between compared groups

Сравниваемые группы	КОЕ/мл	<i>S. agalactiae</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	
Среда I vs контроль	1×10^2	0,63	0,18	0,06	
	1×10^1	0,45	0,81	0,12	
	1×10^0	0,89	0,42	0,18	
Среда II vs контроль	1×10^2	Ингибируется	0,46	Ингибируется	
	1×10^1		0,30		
	1×10^0		0,76		
Среда III vs контроль	1×10^2	0,39	Ингибируется	Ингибируется	
	1×10^1				0,84
	1×10^0				0,48

Для выявления статистически значимого различия или сходства использовали тест Стьюдента, результаты которого представлены в таблице 2.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что хромогенные среды обеспечивают сопоставимые с контрольной средой результаты по чувствительности, что подтверждает статистический анализ (*t*-критерий Стьюдента, $p > 0,05$): различия между хромогенными средами и контрольной средой не являются статистически значимыми для всех используемых штаммов и концентраций. Таким образом, хромогенные среды обеспечивают хорошую высеваемость целевых микроорганизмов даже в минимальном количестве.

Изучение специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред проводили одновременно с использованием 22 штаммов микроорганизмов различных видов. Результаты представлены в таблице 3.

Установлено, что среда I обладает высокой специфичностью: большинство исследуемых бактерий образовывали колонии с уникальными цветами. Например, *E. coli* формировали бордовые колонии, *S. aureus* –

Таблица 3
Результаты изучения специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред в сравнении с контрольной средой

Table 3
Results of tests for specificity, differentiation capacities and inhibitory properties of chromogenic media as compared with control medium

Микроорганизмы	Среда I		Среда II		Среда III		Контроль	
	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии
<i>Escherichia coli</i>	Хороший	Бордовый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Хороший	Фиолетово-синий	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Proteus mirabilis</i>	Хороший	Прозрачный	Хороший	Прозрачный	Умеренный	Прозрачный	Хороший	Серовато-белый
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Хороший	Серо-зеленый	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Сине-зеленый
<i>Salmonella typhimurium</i>	Хороший	Прозрачный	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Enterococcus faecalis</i>	Хороший	Сине-голубой	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Серовато-белый
<i>Enterococcus faecium</i>	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Серовато-белый
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Хороший	Бледно-желтый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Enterobacter cloacae</i>	Хороший	Фиолетово-синий	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Morganella morganii</i>	Хороший	Янтарный	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Staphylococcus aureus</i>	Хороший	Золотистый	Умеренный	Фиолетовый	Ингибируется		Хороший	Золотистый
<i>Staphylococcus hominis</i>	Хороший	Белый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Белый
<i>Staphylococcus equorum</i>	Хороший	Фиолетово-розовый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Белый
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	Хороший	Белый	Хороший	Зеленый	Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	Хороший	Бежево-розовый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus agalactiae</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Хороший	Голубой	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus uberis</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Aerococcus viridans</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Зеленоватый
<i>Streptococcus canis</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus suis</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый

золотистые, *P. aeruginosa* – серо-зеленые, а *S. equorum* – фиолетово-розовые. Однако некоторые микроорганизмы, такие как *E. cloacae* и *K. pneumoniae*, имели схожий цвет колоний (фиолетово-синий), что может затруднить их визуальное различие. Ингибирующие свойства были выражены слабо: все исследуемые штаммы микроорганизмов демонстрировали рост в течение 24 ч. Тем не менее среда I обеспечивала эффективную дифференциацию контрольных штаммов по цвету колоний, что позволяет уже на ранних этапах визуально различать микроорганизмы.

Ингибирующие свойства среды II выражены сильно: рост большинства бактерий отсутствовал, за исключением целевых микроорганизмов – *Staphylococcus* spp. Стоит отметить, что специфичность у среды невысокая – большинство стафилококков окрашивались в сине-зеленый цвет. Однако одинаковый цвет имели преимущественно сапрофитные микроорганизмы, в то время как потенциально патогенные стафилококки (*S. aureus* и *S. haemolyticus*) отличались по цвету. Например, *S. aureus* образовали фиолетовые колонии, а *S. hominis* и *S. equorum* – сине-зеленые, что позволило визуально различить

их. По сравнению с контрольной средой II обеспечивала дифференциацию стафилококков по цвету.

Среда III продемонстрировала хорошие ингибирующие свойства, эффективно подавляя рост большинства микроорганизмов, за исключением грамположительных кокков и некоторых представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Дифференцирующие и специфические свойства среды были выражены слабо и проявлялись преимущественно для энтерококков, которые окрашивались в сине-зеленый цвет, и для *S. agalactiae*, образующих голубые колонии.

Использование в сочетании всех трех хромогенных сред обеспечивает комплексный подход к диагностике мастита, демонстрируя высокую чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Такой метод позволяет охватить широкий спектр микроорганизмов, избирательно выделяя целевые группы бактерий, такие как стафилококки, стрептококки и энтерококки.

Для проверки сред в реальных условиях были отобраны образцы молока, которые в дальнейшем высевали на три хромогенные среды. Результаты представлены на рисунке.



Рис. Аprobация сред с образцами молока (культивирование при 37 °C в течение 24 ч)

Fig. Testing of culture media using milk samples (cultivated at 37 °C for 24 h)

Использование одновременно трех сред для посева молока позволяет дифференцировать культуры практически до вида. Так, на рисунке (а) видно, что на средах I и III выросли микроорганизмы рода *Enterococcus* sp. (предположительно, *E. faecalis*, поскольку *E. faecium* имеет более темный зеленый цвет). Единичные колонии на среде II представлены бактериями *Staphylococcus* sp., при этом исключается рост *S. aureus*, поскольку он на среде II должен иметь фиолетовый цвет. Также можно увидеть бордовые колонии на среде I, что говорит о наличии *E. coli* в исследуемом образце. На рисунке (b) микробиом образца представлен практически только *Enterococcus* sp. Белые и зеленые колонии на средах I и II соответственно сформированы микроорганизмами рода *Staphylococcus* sp., но не *S. aureus*. На рисунке (c) представлена монокультура бактерий из рода *Enterococcus* sp., предположительно *E. faecium*. В четвертом образце на рисунке (d) все выделенные изоляты являются мицелиальными грибами. Еще одна проба молока показала результаты, схожие с рисунком (b), в трех других посевах рост микроорганизмов отсутствовал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные хромогенные среды демонстрируют высокую эффективность для диагностики мастита крупного рогатого скота. Среда I, обладая высокой чувствительностью и дифференцирующими свойствами, позволяет проводить первичный скрининг и выявлять широкий спектр микроорганизмов, включающий представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Среда II благодаря сильным ингибирующим свойствам избирательно выделяет стафилококки, что особенно важно для идентификации патогенных видов, таких как *S. aureus*. Среда III, хотя и имеет ограниченные дифференцирующие свойства, эффективно поддерживает рост энтерококков и стрептококков, в том числе *S. agalactiae*, что делает ее важной для диагностики мастита.

Комплексное использование всех трех сред обеспечивает высокую точность диагностики, позволяя не только охватить широкий спектр микроорганизмов, но и избирательно выделить целевые группы бактерий. Это значительно ускоряет процесс идентификации возбудителей и способствует своевременному назначению эффективной терапии. Апробация сред на образцах молока от коров с маститом подтвердила их практическую применимость и эффективность в реальных условиях.

В ходе исследований было отмечено, что на средах возможно развитие мицелиальных грибов, что может затруднить интерпретацию результатов. В связи с этим планируется продолжить работу по улучшению составов сред, исследуя различные препараты в разных концентрациях для ингибирования роста грибов. Это позволит повысить специфичность сред и исключить ложноположительные результаты, связанные с развитием нецелевых микроорганизмов.

Стоит отметить, что при использовании стандартизированных одноразовых петлей для посева молока существует возможность примерного определения количества колониеобразующих единиц. Хотя этот метод не обеспечивает высокой точности, он позволяет примерно оценить степень обсемененности молока, что может быть полезно для предварительной оценки тяжести инфекции.

Таким образом, разработанные хромогенные среды представляют собой перспективный инструмент для экспресс-диагностики мастита, сочетающий в себе высокую чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Их использование в ветеринарной практике может значительно ускорить диагностику и улучшить эффективность лечения мастита, что положительно скажется на здоровье животных и продуктивности молочного стада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зюбин И. Н., Смирнов П. Н., Напримеров В. А., Нимацыренов Г. Г. Маститы крупного рогатого скота. Новосибирск: ООО «2Д»; 2009. 95 с.
2. Никитина М. В., Столбова О. А., Скосырских Л. Н. Лечебно-профилактические мероприятия при мастите крупного рогатого скота. *Молочнохозяйственный вестник*. 2019; (3): 31–39. <https://elibrary.ru/qbdgglc>
3. Goulart D. B., Mellata M. *Escherichia coli* mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:928346. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928346>
4. Vakkamäki J., Taponen S., Heikkilä A.-M., Pyörälä S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017; 59:33. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>
5. Осколкова М. В., Кузьмина Э. В. Этиология мастита и его взаимосвязь с гинекологическими заболеваниями крупного рогатого скота. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014; (4): 86–88. <https://elibrary.ru/sucqyt>
6. Pascu C., Herman V., Iancu L., Costinar L. Etiology of mastitis and antimicrobial resistance in dairy cattle farms in the western part of Romania. *Antibiotics*. 2022; 11 (1):57. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057>
7. Мастит: этиология, профилактика, диагностика, лечение: учебное пособие. Сост. С. В. Щепеткина. 2-е изд., доп. СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАВМ; 2020. 308 с. <https://elibrary.ru/gozcpz>
8. Никитина М. В., Столбова О. А., Скосырских Л. Н. Изучение этиологических факторов мастита крупного рогатого скота. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (5): 197–200. <https://elibrary.ru/vhlytw>
9. Иванов Е. В., Капустин А. В., Авдеевская Н. Н. Изучение воздействия вакцинации в отношении *Staphylococcus aureus*, вызывающего маститы и эндометриты у коров. *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (4): 360–365. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-360-365>
10. Ganguly S. Bacteriological examination of cow milk samples collected from case of chronic clinical mastitis. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*. 2016; 5 (6): 8–9. <https://www.researchgate.net/publication/303994840>
11. Люсин Е. А. Критерии выбора антибактериальных препаратов при лечении мастита крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2021; 347 (4): 50–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-50-52>
12. Ganguly S., Wakchaure R. Bacteriological analysis of cow milk sample suspected of being affected with sub-clinical mastitis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 2016; 6 (3): 38–39. <https://www.researchgate.net/publication/309389480>
13. Hoque M. N., Das Z. C., Rahman A. N. M. A., Haider M. G., Islam M. A. Molecular characterization of *Staphylococcus aureus* strains in bovine mastitis milk in Bangladesh. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2018; 6 (1): 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.03.008>
14. Музыка В. П., Стецко Т. И., Пашковская М. В., Падовский В. Н. Мониторинг чувствительности стафилококков к антимикробным веществам. *Ученые записки УО ВГАВМ*. 2012; 48 (2-1): 119–122. <https://repo.vsvavm.by/handle/123456789/600>
15. Вареников М. В., Ташланов В. В., Морозов И. А. Профилактика мастита – высокая рентабельность молочного производства. *Молочное и мясное скотоводство*. 2014; (8): 32–35. <https://elibrary.ru/tecawh>
16. Salat O., Lemaire G., Durel L., Perrot F. Etiology of severe mastitis in French dairy herds. *PLoS ONE*. 2023; 18 (12):e0295614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295614>
17. Ali T., Kamran, Raziq A., Wazir I., Ullah R., Shah P., et al. Prevalence of mastitis pathogens and antimicrobial susceptibility of isolates from cattle and buffaloes in northwest of Pakistan. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:746755. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.746755>
18. Tommasoni C., Fiore E., Lisuzzo A., Giancesella M. Mastitis in dairy cattle: on-farm diagnostics and future perspectives. *Animals*. 2023; 13 (15):2538. <https://doi.org/10.3390/ani13152538>
19. Abd El-Tawab A. A., Nabih A. M., Saad W. Bacteriological and molecular diagnosis of most common bacteria causing subclinical mastitis in cow. *Benha Veterinary Medical Journal*. 2019; 37 (2): 28–32. <https://www.researchgate.net/publication/343114382>

20. Kahya Demirbilek S., Yildiz M., Akkoç A., Mutlu A. M., Ardiçlı Ö., Aner H. Comparison of bacteriological culture method and multiplex real-time PCR for detection of mastitis. *Research in Veterinary Science*. 2024; 172:105237. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105237>

21. Adkins P. R. F., Middleton J. R. Methods for diagnosing mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018; 34 (3): 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>

22. Челнокова М. И., Щербаклова Н. А. Диагностика и терапия мастита коров. *Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (1): 20–24. <https://elibrary.ru/uqrcaa>

23. Черненко В. В., Хотмирова О. В., Черненко Ю. Н. Методы диагностики и лечения мастита у коров. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (4): 40–43. <https://elibrary.ru/ugwehu>

24. Шлейникова А. А., Скубко О. Р. Диагностика мастита у крупного рогатого скота. *Научно-инновационное развитие ветеринарной науки и практики: материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции (Омск, 10 ноября 2022 г.)*. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ; 2022; 77–80. <https://www.elibrary.ru/gmiyot>

25. Ganguly S., Para P. A., Praveen P. K. Bacteriological examination of cow milk samples suspected of clinical mastitis: a case study. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017; 5 (1): 207–209. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2518>

26. Ладанова М. А. Мастит у крупного рогатого скота. *Актуальные вопросы ветеринарной медицины: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедр клинической диагностики, внутренних болезней животных им. Синева А. В., акушерства и оперативной хирургии (Санкт-Петербург, 29–30 сентября 2022 г.)*. СПб.: СПбГУВМ; 2022; 75–79. <https://doi.org/10.52419/3006-2022-5>

27. Ganguly S., Padhy A., Sahoo S., Garg Sh. L., Praveen P. K., Wakchaure R. Bacteriological examination and antibiogram of milk sample of clinically infected dairy cow suffering from mastitis. *International Journal of Medical Microbiology and Tropical Diseases*. 2015; 1 (1): 6–7. <https://www.researchgate.net/publication/290427340>

28. Джангулова А. Н., Кухар Е. В., Аканова Ж. Ж., Курманов Б. А. Применение тестов Соматат Дри в полевых условиях. *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XLVII Международной научно-практической конференции (Пенза, 30 июля 2021 г.)*. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение»; 2021; 63–70. <https://elibrary.ru/unssnp>

29. Галкин А. В., Соловьева О. И., Калашникова Г. Т., Елагина А. А. Диагностика возбудителей мастита у коров с помощью подложек RIDA® COUNT. *Молочная река*. 2012; (4): 44–45. <https://elibrary.ru/egtmui>

REFERENCES

1. Zyubin I. N., Smirnov P. N., Naprimerov V. A., Nimatsyrenov G. G. Mastitis in cattle. Novosibirsk: OOO "2D"; 2009. 95 p. (in Russ.)

2. Nikitina M. V., Stolbova O. A., Skosyrskikh L. N. Treatment-and-prophylactic actions at mastitis of cattle. *Dairy Farming Journal*. 2019; (3): 31–39. <https://elibrary.ru/qbdgic> (in Russ.)

3. Goulart D. B., Mellata M. *Escherichia coli* mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:928346. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928346>

4. Vakkamäki J., Taponen S., Heikkilä A.-M., Pyörälä S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017; 59:33. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>

5. Oskolkova M. V., Kuzmina E. V. Etiology of mastitis and its interrelation with gynecologic diseases. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; (4): 86–88. <https://elibrary.ru/sucqyt> (in Russ.)

6. Pascu C., Herman V., Iancu I., Costinar L. Etiology of mastitis and antimicrobial resistance in dairy cattle farms in the western part of Romania. *Antibiotics*. 2022; 11 (1):57. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057>

7. Mastitis: etiology, prevention, diagnostic, treatment. Compiled by S. V. Shchepetkina. 2nd ed. supplemented. Saint Petersburg: Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine; 2020. 308 p. (in Russ.)

8. Nikitina M. V., Stolbova O. A., Skosyrskikh L. N. Studies on the ethiological factors of cattle mastitis. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (5): 197–200. <https://elibrary.ru/vhyiltw> (in Russ.)

9. Ivanov E. V., Kapustin A. V., Avduevskaya N. N. Study of the vaccination effects against *Staphylococcus aureus*, causing mastitis and endometritis in cows. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (4): 360–365. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-360-365>

10. Ganguly S. Bacteriological examination of cow milk samples collected from case of chronic clinical mastitis. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*. 2016; 5 (6): 8–9. <https://www.researchgate.net/publication/303994840>

11. Lyusin E. A. Criteria for the selection of antibacterial drugs in the treatment of bovine mastitis. *Agrarian Science*. 2021; 347 (4): 50–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-50-52> (in Russ.)

12. Ganguly S., Wakchaure R. Bacteriological analysis of cow milk sample suspected of being affected with sub-clinical mastitis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 2016; 6 (3): 38–39. <https://www.researchgate.net/publication/309389480>

13. Hoque M. N., Das Z. C., Rahman A. N. M. A., Haider M. G., Islam M. A. Molecular characterization of *Staphylococcus aureus* strains in bovine mastitis milk in Bangladesh. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2018; 6 (1): 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.03.008>

14. Muzyka V. P., Stetsko T. I., Pashkovskaya M. V., Padovsky V. N. Monitoring chuvstvitel'nosti stafilokokkov k antimikrobnym veshchestvam = Monitoring of *Staphylococcus* susceptibility to antimicrobials. *Transactions of the Educational Establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2012; 48 (2-1): 119–122. <https://repo.vsvm.by/handle/123456789/600> (in Russ.)

15. Varenikov M. V., Tashlanov V. V., Morozov I. A. Mastitis prophylaxis leads to high profitability of milk production. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2014; (8): 32–35. <https://elibrary.ru/tecawh> (in Russ.)

16. Salat O., Lemaire G., Durel L., Perrot F. Etiology of severe mastitis in French dairy herds. *PLoS ONE*. 2023; 18 (12):e0295614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295614>

17. Ali T., Kamran, Raziq A., Wazir I., Ullah R., Shah P., et al. Prevalence of mastitis pathogens and antimicrobial susceptibility of isolates from cattle and buffaloes in northwest of Pakistan. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:746755. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.746755>

18. Tommasoni C., Fiore E., Lisuzzo A., Gianesella M. Mastitis in dairy cattle: on-farm diagnostics and future perspectives. *Animals*. 2023; 13 (15):2538. <https://doi.org/10.3390/ani13152538>

19. Abd El-Tawab A. A., Nabih A. M., Saad W. Bacteriological and molecular diagnosis of most common bacteria causing subclinical mastitis in cow. *Benha Veterinary Medical Journal*. 2019; 37 (2): 28–32. <https://www.researchgate.net/publication/343114382>

20. Kahya Demirbilek S., Yildiz M., Akkoç A., Mutlu A. M., Ardiçlı Ö., Aner H. Comparison of bacteriological culture method and multiplex real-time PCR for detection of mastitis. *Research in Veterinary Science*. 2024; 172:105237. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105237>

21. Adkins P. R. F., Middleton J. R. Methods for diagnosing mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018; 34 (3): 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>

22. Chelnokova M. I., Shcherbakova N. A. Cow mastitis diagnostics and treatment. *Proceedings of the State Agricultural Academy of Velikie Luki*. 2018; (1): 20–24. <https://elibrary.ru/uqrcaa> (in Russ.)

23. Chernenok V. V., Hotmirova O. V., Chernenok Yu. N. Methods of diagnosis and treatment of mastitis in cows. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoho-zajstvennoj akademii*. 2020; (4): 40–43. <https://elibrary.ru/ugwehu> (in Russ.)

24. Shleinikova A. A., Skubko O. R. Diagnosis of mastitis in cattle. *Nauchno-innovatsionnoe razvitie veterinarnoi nauki i praktiki: materialy Natsional'noi (Vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Omsk, 10 noyabrya 2022 g.) = Scientific and Innovative Development of Veterinary Science and Practice: proceedings of the National (All-Russian) Scientific-Practical Conference (Omsk, November 10, 2022)*. Omsk: Omsk State Agrarian University; 2022; 77–80. <https://www.elibrary.ru/gmiyot> (in Russ.)

25. Ganguly S., Para P. A., Praveen P. K. Bacteriological examination of cow milk samples suspected of clinical mastitis: a case study. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017; 5 (1): 207–209. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2518>

26. Ladanova M. A. Mastitis in cattle. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi meditsiny: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu kafed klinicheskoi diagnostiki, vnutrennikh boleznei zhivotnykh im. Sineva A. V., akusherstva i operativnoi khirurgii (Sankt-Peterburg, 29–30 sentyabrya 2022 g.) = Current issues in veterinary medicine: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the Departments of Clinical Diagnosis, Animal Internal Diseases named after A. V. Sinev, Obstetrics and Operative Surgery (Saint Petersburg, September 29–30, 2022)*. Saint Petersburg: Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine; 2022; 75–79. <https://doi.org/10.52419/3006-2022-5> (in Russ.)

27. Ganguly S., Padhy A., Sahoo S., Garg Sh. L., Praveen P. K., Wakchaure R. Bacteriological examination and antibiogram of milk sample of clinically infected dairy cow suffering from mastitis. *International Journal of Medical Microbiology and Tropical Diseases*. 2015; 1 (1): 6–7. <https://www.researchgate.net/publication/290427340>

28. Janguilova A. N., Kukhar Ye. V., Akanova Zh. Zh., Kurmanov B. A. Application of compact dry tests in the field. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statei XLVII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Penza, 30 iyulya 2021 g.) = Fundamental and applied scientific research: current issues*,

achievements and innovations: collection of papers of the XLVII International Scientific and Practical Conference (Penza, July 30, 2021). Penza: International Center for Scientific Cooperation "Science and Enlightenment"; 2021; 63–70. <https://elibrary.ru/unssnp> (in Russ.)

29. Galkin A. V., Solovyeva O. I., Kalashnikova G. T., Elagina A. A. Diagnostika возбудителей mastita u korov s pomoshch'yu podlozhek RIDA®

COUNT = Diagnosis of mastitis pathogens using RIDA® COUNT plates. *Молочноярная река*. 2012; (4): 44–45. <https://elibrary.ru/egtmiu> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 21.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 18.04.2025

Принята к публикации / Accepted 28.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Капустин Андрей Владимирович, д-р биол. наук, доцент, первый заместитель директора ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>, kapustin_andrei@mail.ru

Лаишевцев Алексей Иванович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Гильманов Хамид Халимович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории лейкозологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>, gilmanov.xx@mail.ru

Хабарова Алла Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2115-1882>, habarova.alla97@mail.ru

Andrey V. Kapustin, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, First Deputy Director, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>, kapustin_andrei@mail.ru

Aleksey I. Laishevtsev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Acting Head, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Vasily A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Khamid Kh. Gilmanov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Leukemia, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>, gilmanov.xx@mail.ru

Alla V. Khabarova, Junior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2115-1882>, habarova.alla97@mail.ru

Вклад авторов: Капустин А. В. – разработка концепции исследования, утверждение окончательного варианта статьи; Лаишевцев А. И. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи; Савинов В. А. – разработка концепции и проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, проведение статистического анализа; Шастин П. Н. – проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, подготовка и редактирование текста; Гильманов Х. Х. – проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, проведение статистического анализа; Хабарова А. В. – разработка концепции и проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация.

Contribution of the authors: Kapustin A. V. – conceptualization, final manuscript approval; Laishevtsev A. I. – text preparation and editing, final manuscript approval; Savinov V. A. – conceptualization and test conducting, data collection, analysis and interpretation, statistical analysis; Shastin P. N. – test conducting, data collection, analysis and interpretation, text preparation and editing; Gilmanov Kh. Kh. – test conducting, data collection, analysis and interpretation, statistical analysis; Khabarova A. V. – conceptualization and test conducting, data collection, analysis and interpretation.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-179-185>
УДК 619:616.98:578:636.7:615.371

Изучение антигенных свойств вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак

А. А. Климова, А. А. Комарова, А. М. Киселев, Т. С. Галкина

ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В настоящий момент на базе подведомственного Россельхознадзору Федерального центра охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир) разработана в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации вакцина против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак «Карникан-5R». Для ее создания были использованы штаммы вирусов, циркулирующие на территории страны и актуальные в настоящее время.

Цель исследования. Изучение антигенных свойств вакцины «Карникан-5R» на целевых животных: определение срока формирования гуморального иммунитета и продолжительности иммунитета на протяжении периода наблюдения.

Материалы и методы. В исследовании использовали ассоциированную вакцину «Карникан-5R», состоящую из двух компонентов: лиофилизированного и жидкого. В качестве животных моделей для изучения антигенных свойств препарата служили собаки 10–12-недельного возраста. Уровень антител оценивали в реакции нейтрализации, реакции торможения геммагглютинации и реакции нейтрализации методом FAVN (Fluorescent Antibody Virus Neutralization).

Результаты. Установлено, что вакцинация собак индуцировала выработку антител к возбудителям указанных инфекций. Двукратное введение вакцины «Карникан-5R» с интервалом 21 сут стимулировало формирование напряженного гуморального ответа к 35-м сут после первого введения и прирост титра антител к вирусу чумы плотоядных в 8,6 раза, к парвовирусу собак типа 2 – в 2,1 раза, к коронавирусу собак – в 5,0 раза, к аденовирусу собак серотипа 2 – в 5,36 раза, к вирусу бешенства – в 5,72 раза. Продолжительность специфического иммунитета составила не менее 12 мес. с сохранением протективного уровня титра вирусспецифических антител к указанным возбудителям.

Заключение. Вакцина «Карникан-5R» безвредна и ареактогенна для целевых животных, способствует формированию у собак напряженного иммунитета продолжительностью не менее 12 мес. с момента бустерной вакцинации.

Ключевые слова: вирусные болезни собак, чума плотоядных, парвовирусный энтерит, коронавирусный энтерит, аденовирусная инфекция, бешенство, специфическая профилактика, вакцина «Карникан-5R»

Благодарности: Работа выполнена за счет средств ФГБУ «ВНИИЗЖ» в рамках тематики научно-исследовательских работ «Разработка комплексной системы контроля инфекционных болезней животных и совершенствование методов исследования остатков запрещенных и вредных веществ в организме животных, кормах и продуктах животного происхождения».

Для цитирования: Климова А. А., Комарова А. А., Киселев А. М., Галкина Т. С. Изучение антигенных свойств вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 179–185. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-179-185>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Климова Анастасия Антоновна, ветеринарный врач лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ», мкр. Юрьеvec, г. Владимир, 600901, Россия, klimova_aa@arriah.ru

Testing of vaccine against canine distemper, parvovirus and coronavirus enteritis, adenovirus infection and dog rabies for its antigenic properties

Anastasia A. Klimova, Anna A. Komarova, Alexey M. Kiselev, Tatyana S. Galkina

Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. Recently “Carnican-5R” vaccine against canine distemper, parvovirus and coronavirus enteritis, adenovirus infection and dog rabies has been developed at the Rosselkhoznadzor-subordinated Federal Center for Animal Health (FGBI “ARRIAH”, Vladimir) in accordance with the Russian Federation legislative requirements. The virus strains currently circulating and significant in the country were used for the vaccine development.

© Климова А. А., Комарова А. А., Киселев А. М., Галкина Т. С., 2025

Objective. Testing of “Carnican-5R” vaccine for its antigenic properties in target animals including determination of humoral immunity development time and duration during the observation period.

Materials and methods. “Carnican-5R” combined vaccine containing two components: freeze-dried component and liquid component were used for the test. Dogs at the age of 10–12 weeks served as animal models for testing the vaccine for its antigenic properties. The antibody levels were determined with virus neutralization test, hemagglutination inhibition test and fluorescent antibody virus neutralization test.

Results. Vaccination of dogs was found to induce antibodies to the pathogens of the specified infections. Double “Carnican-5R” vaccine administration at 21-day interval induced strong humoral response by day 35 after its first administration and an increase in the antibody titers to canine distemper – by 8.6 times, to canine parvovirus type 2 – by 2.1 times, to canine coronavirus – by 5.0 times, to canine adenovirus serotype 2 – by 5.36 times, to the rabies virus – by 5.72 times. The specific immunity lasted for at least 12 months and virus-specific antibodies titers to the pathogens remained at the protective levels.

Conclusion. “Carnican-5R” vaccine is safe and non-reactogenic for target animals and induces strong immunity in dogs that lasts for at least 12 months from the date of booster vaccination.

Keywords: viral diseases of dogs, canine distemper, parvovirus enteritis, coronavirus enteritis, adenovirus infection, rabies, specific prevention, “Carnican-5R” vaccine

Acknowledgements: The work was funded by the Federal Centre for Animal Health within the framework of the research topic “Development of a comprehensive control system for infectious animal diseases and improvement of the test methods for residues of banned and harmful substances in animals, feedstuffs and animal products”.

For citation: Klimova A. A., Komarova A. A., Kiselev A. M., Galkina T. S. Testing of vaccine against canine distemper, parvovirus and coronavirus enteritis, adenovirus infection and dog rabies for its antigenic properties. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 179–185. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-179-185>

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

For correspondence: Anastasia A. Klimova, Veterinarian, Laboratory for Pets Disease Prevention, Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia, klimova_aa@arriah.ru

ВВЕДЕНИЕ

Вирус чумы плотоядных (canine distemper virus, CDV) поражает некоторые виды животных отряда плотоядных, в числе которых представители псовых, енотовых, кошачьих и др., а также панды. Возбудитель политропен – может затрагивать практически все системы организма. Согласно международной классификации, вирус относится к отряду *Mononegavirales*, семейству *Paramyxoviridae*, подсемейству *Orthoparamyxovirinae*, роду *Morbillivirus*, виду *Morbillivirus canis* [1, 2].

Парвовирус собак типа 2 (canine parvovirus type 2, CPV-2) – возбудитель парвовирусного энтерита и основная причина гибели собак от вирусных болезней; чрезвычайно заразен. Клиническими признаками заболевания являются: острый гастроэнтерит, отслоение и геморрагическое воспаление слизистой оболочки толстого кишечника, геморрагическая диарея, эксикоз, лейкопения и нейтропения [2]. Вирус принадлежит к отряду *Piccovirales*, семейству *Parvoviridae*, подсемейству *Parvovirinae*, роду *Protoparvovirus*, виду *Protoparvovirus carnivoran 1* [1].

Вирус коронавируса энтерита собак (canine coronavirus, CCov) вызывает энтерит с характерными признаками, среди которых анорексия, рвота, диарея, лимфопения, летаргия [3, 4, 5, 6]. Проявление болезни варьирует от бессимптомного течения до летального исхода [7]. По уровню встречаемости среди энтеропатогенов вирусного происхождения коронавирус занимает второе место в мире [8, 9, 10]. Возбудитель относится к отряду *Nidovirales*, подотряду *Cornidovirineae*, семейству *Coronaviridae*, подсемейству *Orthocoronavirinae*, роду *Alphacoronavirus* [1].

Аденовирус собак серотипа 2 (canine adenovirus serotype 2, CAV-2) вызывает инфекционный ларинготрахеит, проявляющийся в транзиторной, бессимптомной или легкой формах; может вызвать тяжелый некротизирующий бронхит, интерстициальную пневмонию [11],

диарею [12] и поражение центральной нервной системы [2]. Вирус относится к отряду *Rowavirales*, семейству *Adenoviridae*, роду *Mastadenovirus*, виду *Mastadenovirus canidae*, серотипу 2 [1].

Вирус бешенства (rabies virus, RABV) поражает центральную нервную систему у теплокровных животных и человека, заболевание приводит к летальному исходу [13, 14]. Лечение не разработано. Вирус относится к отряду *Mononegavirales*, семейству *Rhabdoviridae*, подсемейству *Alpharhabdovirinae*, роду *Lyssavirus* [1, 15, 16].

Штаммовый состав ассоциированной вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак «Карникан-5R» был подобран согласно руководству, опубликованному Группой по составлению руководств по вакцинации (Vaccination Guidelines Group, VGG) Международной ветеринарной ассоциации мелких домашних животных (World Small Animal Veterinary Association, WSAVA). К базовым вирусным болезням, профилактика которых должна осуществляться вне зависимости от географического положения животного, относят: чуму плотоядных, парвовирусный энтерит и аденовирусную инфекцию (возбудитель CAV-2) собак. Вакцинопрофилактика лептоспироза в руководстве классифицирована как дополнительная [17]. Иммунизация против бешенства урегулирована законодательством Российской Федерации [18, 19], в связи с этим в состав вакцины был включен штамм вируса этой болезни. Однако данное руководство не является обязательным, и схемы вакцинации определяются ветеринарными врачами согласно распространенности вирусных заболеваний в конкретном регионе. Ввиду возрастающего числа случаев летального исхода в популяции собак вследствие переболевания коронавирусом энтеритом [5, 6, 10] в состав вакцины также включили штамм возбудителя указанного заболевания.

График иммунизации собак был составлен исходя из научных данных о гуморальном иммунитете и рекомендаций WSAVA. В среднем ветеринарные врачи по всему миру рекомендуют начинать вакцинацию собак в 12-недельном возрасте, бустерную вакцинацию проводить в 16-недельном возрасте и далее в зависимости от благополучия региона по вирусным болезням один раз в год или один раз в 3 года пожизненно [17].

Предварительно в процессе разработки вакцины «Карникан-5R», помимо изучения свойств вирусов и определения соотношения компонентов в препарате, были проведены эксперименты на лабораторных животных по определению ареактогенности и безвредности, а также опыт по подбору оптимальной иммунизирующей дозы и способа введения. При этом были получены следующие данные: вакцина ареактогенна и безвредна, иммунизирующая доза – 1,0 см³ (жидкий компонент является разбавителем для лиофилизированного), способ введения – подкожный или внутримышечный. Срок хранения после объединения компонентов составил 2 ч при температуре 18–25 °С.

Для оценки антигенных свойств вакцины были запланированы и проведены опыты на целевых животных по изучению формирования гуморального иммунитета и длительности сохранения вирусспецифических антител после введения препарата в течение периода наблюдения (12 мес.).

Целью исследований являлось изучение антигенных свойств вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак на целевых животных. В процессе исследования были решены следующие задачи: получение качественного иммунобиологического препарата, соответствующего заявленным параметрам, разработка программ опытов, проведение опытов, постановка серологических реакций для оценки уровня антител до и после вакцинации, обработка и структурирование полученных данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование антигенных свойств вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак «Карникан-5R» было проведено согласно требованиям приказа Минсельхоза России от 06.03.2018 № 101 «Об утверждении правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения».

Вакцина. Разработанная Федеральным центром охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ») вакцина «Карникан-5R» включает 2 компонента: лиофилизированный (содержит аттенуированный вирус чумы плотоядных), жидкий (включает инактивированные парвовирус, коронавирус, аденовирус и вирус бешенства собак). Препарат зарегистрирован в РФ, на изобретение получен патент [20].

Действующим веществом лиофилизированного компонента вакцины является аттенуированный штамм «Рокборн» CDV; жидкого компонента – инактивированные аминоксилэтиленимином штамм «Грей» CPV-2, штамм «Рич» СCoV, штамм «Юнити» CAV-2, штамм «ВНИИЗЖ» RABV. В качестве целевой добавки

для лиофилизированного компонента использованы стабилизаторы: гидролизат лактальбумина, сахароза и желатоза; для жидкого компонента – адьювант гидроокись алюминия. Все компоненты вакцины прошли всесторонний входной контроль качества. Одна иммунизирующая доза препарата содержит не менее 3,0 Ig ТЦД₅₀/см³ аттенуированного CDV и инактивированные вирусы CPV-2 (титр вируса до инактивации не менее 7,0 log₂, ГАЕ 1:128), СCoV (титр вируса до инактивации не менее 3,0 Ig ТЦД₅₀/см³), CAV-2 (титр вируса до инактивации не менее 3,0 Ig ТЦД₅₀/см³), RABV (титр вируса до инактивации не менее 1,0 МЕ/см³).

Животные. Клинические исследования проводились с использованием собак 10–12-недельного возраста ($n = 35$).

Животные содержались в условиях приютов, ветеринарных клиник и индивидуально в частном владении. Состояние здоровья собак оценивалось до начала исследования и в течение всего периода наблюдения.

Для оценки эффективности вакцины «Карникан-5R» проводили двукратную иммунизацию щенков с интервалом 21 сут; препарат вводили внутримышечно в каудопроксимальную часть тазовой конечности в объеме одной иммунизирующей дозы.

Все эксперименты осуществляли в соответствии с требованиями стандартов ФГБУ «ВНИИЗЖ» СТО 00495527-0002 «Животные лабораторные. Использование для контроля и экспериментов» и СТО 00495527-0230 «Доклинические исследования лекарственных средств для ветеринарного применения».

Серологические исследования. Исследование сывороток крови собак для определения уровня антител к CDV, СCoV, CAV-2 проводили с использованием реакции нейтрализации (РН) в микропланшетах [21, 22, 23], к RABV – с помощью реакции нейтрализации методом Fluorescent Antibody Virus Neutralization (РН FAVN) и к CPV-2 – в реакции торможения (ингибирования) гемагглютинации (РТГА) согласно утвержденным методическим рекомендациям [24].

Статистический анализ результатов. Обработка полученных данных производилась с использованием статистических методов в программе Microsoft Excel. Расчет титра специфических антител осуществляли по формуле Кербера и выражали в логарифмах с основанием 2 (log₂).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После вакцинации изменений температуры тела, ухудшения общего физиологического состояния организма, анорексии и местной реакции в области введения вакцины не отмечали. Признаков заболевания чумой плотоядных, парвовирусным и коронавирусным энтеритом, аденовирусной инфекцией собак и бешенством также не было зафиксировано.

При исследовании сывороток крови щенков до вакцинации среднегрупповой уровень специфических антител к CDV, СCoV, CAV-2 составлял < 1,0 log₂ (в РН); к CPV-2 – 4,23 ± 0,63 log₂ (в РТГА); к RABV – < 0,5 log₂ (в РН FAVN).

На рисунке 1 представлена динамика формирования гуморального иммунитета у собак после введения вакцины «Карникан-5R». Было установлено, что вакцинация индуцировала выработку вирусспецифических антител к CDV, CPV-2, СCoV, CAV-2 и RABV. Через 21 сут после первичной иммунизации уровень антител к CDV

составлял $4,00 \pm 0,25 \log_2$; к CPV-2 – $5,67 \pm 0,58 \log_2$; к CCoV – $2,67 \pm 0,14 \log_2$; к CAV-2 – $2,83 \pm 0,14 \log_2$; к RABV – $0,82 \pm 0,03 \log_2$, что достоверно выше пороговых значений.

Среднегрупповые титры вирусспецифических антител на 7, 14, 21 и 35-е сут были выше титров, установленных до начала иммунизации собак. На 35-е сут регистрировали достоверно более высокий уровень вирусспецифических антител, чем в предыдущих точках контроля ($p \geq 0,1$), который к CDV составил $8,60 \pm 0,14 \log_2$; к CPV-2 – $8,93 \pm 0,58 \log_2$; к CCoV – $5,0 \pm 0,25 \log_2$; к CAV-2 – $5,36 \pm 0,14 \log_2$; к RABV – $2,86 \pm 0,07 \log_2$. Показатели уровня антител демонстрировали «эффект плато» с 42-х и с 51-х сут. На основании полученных данных был сделан вывод о том, что двукратное введение вакцины «Карникан-5R» с интервалом 21 сут стимулировало формирование напряженного гуморального ответа к 35-м сут после первого

введения. Таким образом, рекомендованной схемой вакцинации собак против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции собак и бешенства является: начало вакцинации – с 10–12-недельного возраста, бустерная иммунизация – через 21 сут, далее – ежегодная иммунизация. Схема вакцинации взрослых животных аналогична и не зависит от возраста собаки.

На следующем этапе была изучена длительность иммунитета после двукратной вакцинации против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов собак, аденовирусной инфекции собак и бешенства. Для этого в течение 12 мес. (срок наблюдения) у животных производили отбор проб крови каждые 30 дней.

Как показано на рисунке 2, продолжительность иммунитета к возбудителям указанных заболеваний составила не менее 12 мес. На момент бустерной

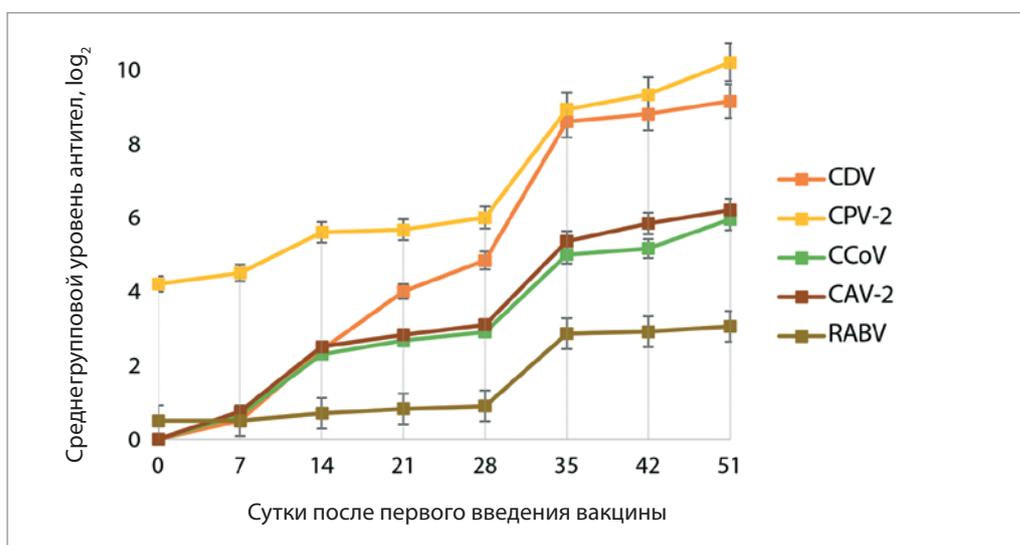


Рис. 1. Формирование гуморального иммунитета у собак после введения препарата «Карникан-5R»

Fig. 1. Development of humoral immunity in dogs after "Carnican-5R" vaccine administration

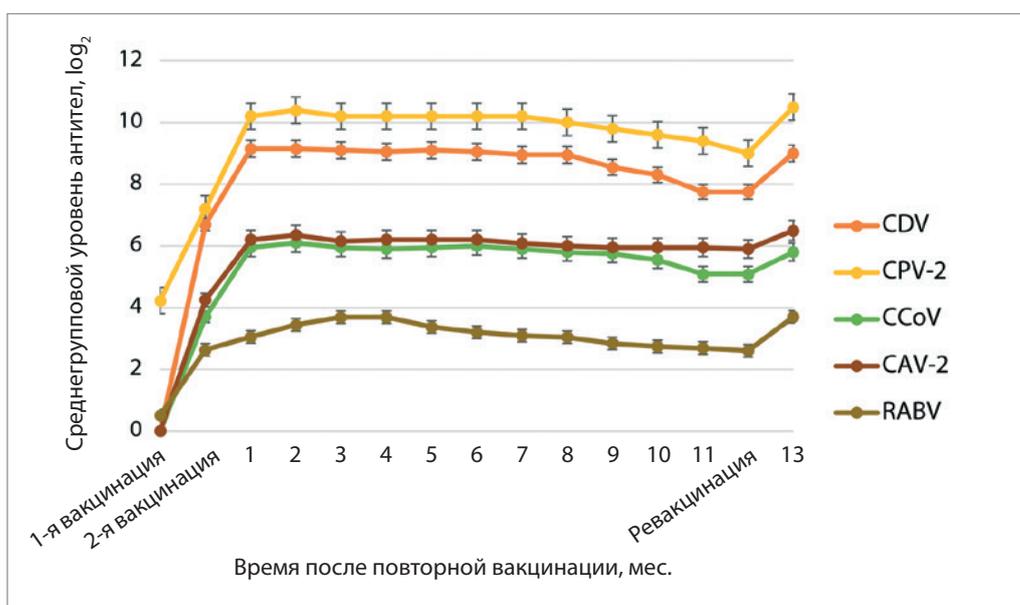


Рис. 2. Продолжительность иммунитета у собак после двукратного введения препарата «Карникан-5R»

Fig. 2. Duration of the immunity in dogs after double "Carnican-5R" vaccine administration

вакцинации через год после начала иммунизации собак было отмечено незначительное снижение уровня специфических антител. Однако, согласно опубликованным результатам исследований, протективный уровень антител к CDV составляет 2–4 \log_2 [25, 26]. Двукратное введение вакцины индуцировало прирост антител до $9,15 \pm 0,14 \log_2$, минимальное значение за период наблюдения составило $7,75 \pm 0,14 \log_2$. Уровень антител для защиты собак от заболевания парвовирусным энтеритом должен быть не ниже $4 \log_2$ [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31]. После двукратной вакцинации максимальный уровень антител к CPV-2 составил $10,40 \pm 0,58 \log_2$, минимальный – $9,0 \pm 0,28 \log_2$. Двукратная иммунизация стимулировала прирост антител к CAV-2 до $6,35 \pm 0,25 \log_2$, в течение 12 мес. минимальное значение регистрировали на уровне $5,90 \pm 0,14 \log_2$. Протективный уровень вирусспецифических антител к CCoV достоверно не установлен, однако титр антител после второго введения вакцины превышал $5,95 \pm 0,14 \log_2$, а минимальный – составлял $5,08 \pm 0,28 \log_2$, что позволяет сделать предположение о защите животных от заболевания [32]. Согласно научным данным и требованиям Всемирной организации здравоохранения животных, вакцина против бешенства должна обеспечивать выработку антирабических антител в титре $\geq 0,5 \text{ ME}/\text{см}^3$ [14, 33]. В нашем случае после иммунизации максимальный титр антител к RABV был равен $3,69 \text{ ME}/\text{см}^3$, минимальный – $2,6 \text{ ME}/\text{см}^3$.

В течение года в среднем титр антител к CDV составил $8,74 \pm 0,53 \log_2$, к CPV-2 – $9,95 \pm 0,42 \log_2$, к CCoV – $5,75 \pm 0,34 \log_2$, к CAV-2 – $6,09 \pm 0,14 \log_2$, к RABV – $3,12 \pm 0,37 \text{ ME}/\text{см}^3$. Таким образом, вакцина «Карникан-5R» обеспечивает образование гуморальных антител к вирусам чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирального энтеритов собак, аденовирусу собак серотипа 2 и вирусу бешенства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследования были изучены антигенные свойства вакцины против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирального энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак. На основании полученных данных установлено, что препарат «Карникан-5R» индуцирует сероконверсию у целевых животных. При двукратном введении вакцины с интервалом 21 сут продолжительность иммунитета составляет не менее 12 мес. Иммунный ответ формируется через 21 сут после двукратного введения препарата. Уровень титра антител через 1 мес. после бустерной вакцинации к CDV составил в среднем $9,15 \log_2$ (в PH), к CPV-2 – $10,2 \log_2$ (в РТГА), к CCoV – $5,95 \log_2$ (в PH), к CAV-2 – $6,2 \log_2$ (в PH), к RABV – $3,05 \text{ ME}/\text{см}^3$ (в PH FAVN). Уровень антител к указанным вирусам у собак выше протективного, что обеспечивает защиту организма животного от перечисленных инфекций.

Вакцина ареактогенна и безвредна, не вызывает выраженной местной реакции при внутримышечном или подкожном введении и не оказывает отрицательного действия на физиологическое состояние животных. Препарат провоцирует выраженный иммунный ответ в виде образования вирусспецифических антител в защитных титрах.

Разработанная в ФГБУ «ВНИИЗЖ» ассоциированная вакцина против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирального энтеритов, аденовирусной

инфекции и бешенства собак «Карникан-5R» может использоваться для специфической профилактики вирусных болезней у собак. Препарат прошел контроль в ФГБУ «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов» (ФГБУ «ВГНКИ») и зарегистрирован на территории РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Committee on Taxonomy of Viruses: ICTV. <https://ictv.global/taxonomy>
2. Шевченко А. А., Зеркалев Д. Ю., Шевченко Л. В., Черных О. Ю., Горпинченко Е. А. Инфекционные болезни мелких домашних животных: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ; 2018. 107 с.
3. Pratelli A., Tempesta M., Elia G., Martella V., Decaro N., Buonavoglia C. The knotty biology of canine coronavirus: a worrying model of coronaviruses' danger. *Research in Veterinary Science*. 2022; 144: 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.11.014>
4. Parkhe P., Verma S. Evolution, interspecies transmission, and zoonotic significance of animal coronaviruses. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:719834. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.719834>
5. Decaro N., Buonavoglia C. An update on canine coronaviruses: viral evolution and pathobiology. *Veterinary Microbiology*. 2008; 132 (3–4): 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.06.007>
6. Zappulli V., Caliani D., Cavicchioli L., Tinelli A., Castagnaro M. Systemic fatal type II coronavirus infection in a dog: pathological findings and immunohistochemistry. *Research in Veterinary Science*. 2008; 84 (2): 278–282. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2007.05.004>
7. Licitra B. N., Duhamel G. E., Whittaker G. R. Canine enteric coronaviruses: emerging viral pathogens with distinct recombinant spike proteins. *Viruses*. 2014; 6 (8): 3363–3376. <https://doi.org/10.3390/v6083363>
8. Alves C. D. B. T., Granados O. F. O., Budaszewski R. D. F., Streck A. F., Weber M. N., Cibulski S. P., et al. Identification of enteric viruses circulating in a dog population with low vaccine coverage. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2018; 49 (4): 790–794. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.02.006>
9. McElligott S., Collins P. J., Sleator R. D., Martella V., Decaro N., Buonavoglia C., O'Shea H. Detection and genetic characterization of canine parvoviruses and coronaviruses in southern Ireland. *Archives of Virology*. 2011; 156 (3): 495–503. <https://doi.org/10.1007/s00705-010-0861-3>
10. Decaro N., Desario C., Billi M., Mari V., Elia G., Cavalli A., et al. Western European epidemiological survey for parvovirus and coronavirus infections in dogs. *The Veterinary Journal*. 2011; 187 (2): 195–199. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.10.027>
11. Руководство по вирусологии: вирусы и вирусные инфекции человека и животных. Под ред. Д. К. Львова. М.: Медицинское информационное агентство; 2013. 1200 с.
12. Koptopoulos G., Cornwell H. J. C. Canine adenoviruses: a review. *Veterinary Bulletin*. 1981; 51 (3): 135–142. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/19812282132>
13. Гаврилов А. В., Зотова А. В. Бешенство: учебное пособие. Благовещенск: Амурская ГМА; 2020. 38 с.
14. Rabies (infection with rabies virus and other lyssaviruses). In: *WOAH Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. 2023; Chapter 3.1.18. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.19_RABIES.pdf
15. Tordo N., Poch O. Structure of rabies virus. In: *Rabies. Developments in Veterinary Virology*. Ed. by J. B. Campbell, K. M. Charlton. Boston: Springer; 1988; 7: 25–45. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1755-5_2
16. Kuzmin I. V., Tordo N. Genus Lyssavirus. In: *Rhabdoviruses: Molecular Taxonomy, Evolution, Genomics, Ecology, Host-Vector Interactions, Cytopathology and Control*. Ed. by R. G. Dietzgen, I. V. Kuzmin. Norfolk: Caister Academic Press; 2012; Chapter 5: 37–57.
17. Сквайрс Р. А., Кроуфорд С., Маркондес М., Уитли Н. Руководство по вакцинации собак и кошек 2024 г., составленное Группой по составлению руководств по вакцинации (VGG) Всемирной ассоциации ветеринарии мелких домашних животных (WSAVA). https://wsava.org/wp-content/uploads/2024/12/WSAVA-Vaccination-guidelines-2024_rus-compressed.pdf
18. Ветеринарные правила осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов бешенства: утверждены приказом Минсельхоза России от 25.11.2020 № 705 (с изменениями и дополнениями от 24.08.2021). <https://base.garant.ru/75095535/#friends>
19. WSAVA and OIE call for action on rabies. *Veterinary Record*. 2013; 173 (19): 463–464. <https://doi.org/10.1136/vr.f6792>

20. Галкина Т. С., Комарова А. А., Климова А. А., Доронин М. И., Борисов А. В., Михалишин Д. В. Ассоциированная вакцина против чумы плотоядных, парвовирусного и коронавирусного энтеритов, аденовирусной инфекции и бешенства собак. Патент № 2817255 Российской Федерации, МПК А61К 39/12 (2006.01), С12Н 7/00 (2006.01), А61К 39/12 (2024.01), С12Н 7/00(2024.01). ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных». № 2023115792. Заявл. 15.06.2023. Опубл. 12.04.2024. Булл. № 11.
21. Климова А. А., Комарова А. А., Киселев А. М., Галкина Т. С. Методические рекомендации по титрованию вируса аденовируса собак микрометодом: № 35-22. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2022. 22 с.
22. Комарова А. А., Галкина Т. С., Киселев А. М., Климова А. А. Методические рекомендации по титрованию вируса коронавирусного энтерита собак микрометодом: № 37-22. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2022. 20 с.
23. Киселев А. М., Комарова А. А., Галкина Т. С., Климова А. А. Методические рекомендации по титрованию вируса чумы плотоядных микрометодом: № 36-22. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2022. 20 с.
24. Климова А. А., Комарова А. А., Киселев А. М., Галкина Т. С. Методические рекомендации по титрованию возбудителя парвовирусного энтерита собак микрометодом в РФА: № 38-22. Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ»; 2022. 20 с.
25. Böhm M., Herrtage M. E., Thompson H., Weir A., Hasted A. M., Maxwell N. S., Serum antibody titres to canine parvovirus, adenovirus and distemper virus in dogs in the UK which had not been vaccinated for at least three years. *Veterinary Record*. 2004; 154 (15): 457–463. <https://doi.org/10.1136/vr.154.15.457>
26. Gray L. K., Crawford P. C., Levy J. K., Dubovi E. J. Comparison of two assays for detection of antibodies against canine parvovirus and canine distemper virus in dogs admitted to a Florida animal shelter. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2012; 240 (9): 1084–1087. <https://doi.org/10.2460/javma.240.9.1084>
27. Abdelmagid O. Y., Larson L., Payne L., Tubbs A., Wasmoeen T., Schultz R. Evaluation of the efficacy and duration of immunity of a canine combination vaccine against virulent parvovirus, infectious canine hepatitis virus, and distemper virus experimental challenges. *Veterinary Therapeutics*. 2004; 5 (3): 173–186. <https://www.researchgate.net/publication/8150149>
28. Mouzin D. E., Lorenzen M. J., Haworth J. D., King V. L. Duration of serologic response to five viral antigens in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004; 224 (1): 55–60. <https://doi.org/10.2460/javma.2004.224.55>
29. Schultz R. D., Thiel B., Mukhtar E., Sharp P., Larson L. J. Age and long-term protective immunity in dogs and cats. *Journal of Comparative Pathology*. 2010; 142 (Suppl. 1): S102–S108. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2009.10.009>
30. Schultz R. D. Duration of immunity for canine and feline vaccines: a review. *Veterinary Microbiology*. 2006; 117 (1): 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.013>
31. Canine enteric viral infections. In: Sykes J. E., Greene C. E. *Infectious Diseases of the Dog and Cat*. 4th ed. Elsevier; 2011; Chapter 8: 67–80.
32. Pratelli A., Tinelli A., Decaro N., Martella V., Camero M., Tempesta M., et al. Safety and efficacy of a modified-live canine coronavirus vaccine in dogs. *Veterinary Microbiology*. 2004; 99 (1): 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.07.009>
33. Cliquet F., Aubert M., Sagné L. Development of a fluorescent antibody virus neutralisation test (FAVN test) for the quantitation of rabies-neutralising antibody. *Journal of Immunological Methods*. 1998; 212 (1): 79–87. [https://doi.org/10.1016/S0022-1759\(97\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1759(97)00212-3)
7. Licita B. N., Duhamel G. E., Whittaker G. R. Canine enteric coronaviruses: emerging viral pathogens with distinct recombinant spike proteins. *Viruses*. 2014; 6 (8): 3363–3376. <https://doi.org/10.3390/v6083363>
8. Alves C. D. B. T., Granados O. F. O., Budaszewski R. D. F., Streck A. F., Weber M. N., Cibulski S. P., et al. Identification of enteric viruses circulating in a dog population with low vaccine coverage. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2018; 49 (4): 790–794. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.02.006>
9. McElligott S., Collins P. J., Sleator R. D., Martella V., Decaro N., Buonavoglia C., O'Shea H. Detection and genetic characterization of canine parvoviruses and coronaviruses in southern Ireland. *Archives of Virology*. 2011; 156 (3): 495–503. <https://doi.org/10.1007/s00705-010-0861-3>
10. Decaro N., Desario C., Billi M., Mari V., Elia G., Cavalli A., et al. Western European epidemiological survey for parvovirus and coronavirus infections in dogs. *The Veterinary Journal*. 2011; 187 (2): 195–199. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.10.027>
11. Guidance on virology: human and animal viruses and viral infections. Ed. by D. K. Lvov. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2013. 1200 p. (in Russ.)
12. Koptopoulos G., Cornwell H. J. C. Canine adenoviruses: a review. *Veterinary Bulletin*. 1981; 51 (3): 135–142. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/19812282132>
13. Gavrilov A. V., Zotova A. V. Rabies: study guide. Blagoveshchensk: Amur State Medical Academy; 2020. 38 p. (in Russ.)
14. Rabies (infection with rabies virus and other lyssaviruses). In: *WOAH Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals*. 2023; Chapter 3.1.18. https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.01.19_RABIES.pdf
15. Tordo N., Poch O. Structure of rabies virus. In: *Rabies. Developments in Veterinary Virology*. Ed. by J. B. Campbell, K. M. Charlton. Boston: Springer; 1988; 7: 25–45. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1755-5_2
16. Kuzmin I. V., Tordo N. Genus *Lyssavirus*. In: *Rhabdoviruses: Molecular Taxonomy, Evolution, Genomics, Ecology, Host-Vector Interactions, Cytopathology and Control*. Ed. by R. G. Dietzgen, I. V. Kuzmin. Norfolk: Caister Academic Press; 2012; Chapter 5: 37–57.
17. Squires R. A., Crawford C., Marcondes M., Whitley N. 2024 guidelines for the vaccination of dogs and cats – compiled by the Vaccination Guidelines Group (VGG) of the World Small Animal Veterinary Association (WSAVA). *Journal of Small Animal Practice*. 2024; 65 (5): 277–316. <https://doi.org/10.1111/jsap.13718>
18. Veterinary rules for preventive, diagnostic, restrictive and other measures, quarantine and other restriction imposition and lifting aimed at rabies spread prevention and outbreak eradication: approved by Order No. 705 of the Ministry of Agriculture of 25 November 2020 (as amended on 24 August 2021). <https://base.garant.ru/75095535/#friends> (in Russ.)
19. WSAVA and OIE call for action on rabies. *Veterinary Record*. 2013; 173 (19): 463–464. <https://doi.org/10.1136/vr.f6792>
20. Galkina T. S., Komarova A. A., Klimova A. A., Doronin M. I., Borisov A. V., Mikhailishin D. V. Associated vaccine against distemper, parvovirus and coronavirus enteritis, adenovirus infection and canine rabies. Patent No. 2817255 Russian Federation, Int. Cl. A61K 39/12 (2006.01), C12N 7/00 (2006.01), A61K 39/12 (2024.01), C12N 7/00(2024.01). Federal Centre for Animal Health. No. 2023115792. Date of filing: 15.06.2023. Date of publication: 12.04.2024. Bull. No. 11. (in Russ.)
21. Klimova A. A., Komarova A. A., Kiselev A. M., Galkina T. S. Methodical guidelines for canine adenovirus titration by micromethod: No. 35-22. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2022. 22 p. (in Russ.)
22. Komarova A. A., Galkina T. S., Kiselev A. M., Klimova A. A. Methodical guidelines for canine enteric coronavirus titration by micromethod: No. 37-22. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2022. 20 p. (in Russ.)
23. Kiselev A. M., Komarova A. A., Galkina T. S., Klimova A. A. Methodical guidelines for canine distemper virus titration by micromethod: No. 36-22. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2022. 20 p. (in Russ.)
24. Klimova A. A., Komarova A. A., Kiselev A. M., Galkina T. S. Methodical guidelines for canine enteric parvovirus titration with hemagglutination tests using micromethod. No. 38-22. Vladimir: Federal Centre for Animal Health; 2022. 20 p. (in Russ.)
25. Böhm M., Herrtage M. E., Thompson H., Weir A., Hasted A. M., Maxwell N. S., Serum antibody titres to canine parvovirus, adenovirus and distemper virus in dogs in the UK which had not been vaccinated for at least three years. *Veterinary Record*. 2004; 154 (15): 457–463. <https://doi.org/10.1136/vr.154.15.457>
26. Gray L. K., Crawford P. C., Levy J. K., Dubovi E. J. Comparison of two assays for detection of antibodies against canine parvovirus and canine distemper virus in dogs admitted to a Florida animal shelter. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2012; 240 (9): 1084–1087. <https://doi.org/10.2460/javma.240.9.1084>
27. Abdelmagid O. Y., Larson L., Payne L., Tubbs A., Wasmoeen T., Schultz R. Evaluation of the efficacy and duration of immunity of a canine

REFERENCES

1. International Committee on Taxonomy of Viruses: ICTV. <https://ictv.global/taxonomy>
2. Shevchenko A. A., Zerkalev D. Yu., Shevchenko L. V., Chernykh O. Yu., Gorpichenko E. A. Infectious diseases of pet animals: study guide. Krasnodar: KubSAU; 2018. 107 p. (in Russ.)
3. Pratelli A., Tempesta M., Elia G., Martella V., Decaro N., Buonavoglia C. The knotty biology of canine coronavirus: a worrying model of coronaviruses' danger. *Research in Veterinary Science*. 2022; 144: 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.11.014>
4. Parkhe P., Verma S. Evolution, interspecies transmission, and zoonotic significance of animal coronaviruses. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:719834. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.719834>
5. Decaro N., Buonavoglia C. An update on canine coronaviruses: viral evolution and pathobiology. *Veterinary Microbiology*. 2008; 132 (3–4): 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.06.007>
6. Zappulli V., Caliani D., Cavicchioli L., Tinelli A., Castagnaro M. Systemic fatal type II coronavirus infection in a dog: pathological findings and immunohistochemistry. *Research in Veterinary Science*. 2008; 84 (2): 278–282. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2007.05.004>

combination vaccine against virulent parvovirus, infectious canine hepatitis virus, and distemper virus experimental challenges. *Veterinary Therapeutics*. 2004; 5 (3): 173–186. <https://www.researchgate.net/publication/8150149>

28. Mouzin D. E., Lorenzen M. J., Haworth J. D., King V. L. Duration of serologic response to five viral antigens in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004; 224 (1): 55–60. <https://doi.org/10.2460/javma.2004.224.55>

29. Schultz R. D., Thiel B., Mukhtar E., Sharp P., Larson L. J. Age and long-term protective immunity in dogs and cats. *Journal of Comparative Pathology*. 2010; 142 (Suppl. 1): S102–S108. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2009.10.009>

30. Schultz R. D. Duration of immunity for canine and feline vaccines: a review. *Veterinary Microbiology*. 2006; 117 (1): 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.013>

31. Canine enteric viral infections. In: Sykes J. E., Greene C. E. *Infectious diseases of the dog and cat*. 4th ed. Elsevier; 2011; Chapter 8: 67–80.

32. Pratelli A., Tinelli A., Decaro N., Martella V., Camero M., Tempesta M., et al. Safety and efficacy of a modified-live canine coronavirus vaccine in dogs. *Veterinary Microbiology*. 2004; 99 (1): 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.07.009>

33. Cliquet F., Aubert M., Sagné L. Development of a fluorescent antibody virus neutralisation test (FAVN test) for the quantitation of rabies-neutralising antibody. *Journal of Immunological Methods*. 1998; 212 (1): 79–87. [https://doi.org/10.1016/S0022-1759\(97\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1759(97)00212-3)

Поступила в редакцию / Received 14.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 04.03.2025

Принята к публикации / Accepted 06.03.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Климова Анастасия Антоновна, ветеринарный врач лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0009-0005-0023-7117>, klimova_aa@arriah.ru

Комарова Анна Александровна, ведущий ветеринарный врач лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-1876-2025>, komarova_aa@arriah.ru

Киселев Алексей Максимович, ветеринарный врач лаборатории профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3921-8050>, kiselev_am@arriah.ru

Галкина Татьяна Сергеевна, канд. вет. наук, заведующий лабораторией профилактики болезней мелких домашних животных ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-9494-8537>, galkina_ts@arriah.ru

Anastasia A. Klimova, Veterinarian, Laboratory for Pets Disease Prevention, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0009-0005-0023-7117>, klimova_aa@arriah.ru

Anna A. Komarova, Leading Veterinarian, Laboratory for Pets Disease Prevention, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1876-2025>, komarova_aa@arriah.ru

Alexey M. Kiselev, Veterinarian, Laboratory for Pets Disease Prevention, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3921-8050>, kiselev_am@arriah.ru

Tatyana S. Galkina, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Laboratory for Pets Disease Prevention, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-9494-8537>, galkina_ts@arriah.ru

Вклад авторов: Климова А. А. – проведение исследований, систематизация результатов, анализ литературы, написание текста; Комарова А. А. – вирусологические исследования, обработка биологического материала, анализ и интерпретация данных; Киселев А. М. – вирусологические исследования, обработка биологического материала; Галкина Т. С. – идея и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Contribution of the authors: Klimova A. A. – testing, test result systematization, literature data analysis, paper writing; Komarova A. A. – virological tests, biological sample processing, data analysis and interpretation; Kiselev A. M. – virological tests, biological sample processing; Galkina T. S. – study idea and design, paper review and editing.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-186-193>
УДК 619:616-076:579.84:636.5



Индикация биопленок изолятов *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*, идентифицированных при болезнях органов дыхания и пищеварения птиц

Е. М. Ленченко¹, В. В. Пономарев¹, Н. П. Сачивкина²

¹ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

² ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При снижении компенсаторных механизмов резистентности организма, изменении состава эволюционно сложившихся микробиоценозов избыточному росту патогенных микроорганизмов способствует репрезентация сигнальных молекул quorum sensing. Антибактериальный потенциал ингибиторов синтеза молекул межклеточных коммуникаций достигается за счет снижения адгезии микроорганизмов, а соответственно, и степени контаминации *in vivo* и *in vitro*.

Цель исследования. Изучение динамики изменений морфометрических и денситометрических показателей биопленок изолятов *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*, идентифицированных при болезнях органов дыхания и пищеварения птиц.

Материалы и методы. Исследовали динамику развития биопленок референтных штаммов и изолятов, выделенных из патматериала птицы: куры кросса ROSS-308 40–42-недельного возраста ($n = 20$). Оптическую плотность исследуемых образцов определяли с применением фотометрического анализатора Immupochem-2100 (НТИ, США), длина волны 580 нм (OD_{580}). Морфометрические показатели учитывали при достоверной частоте встречаемости $\geq 90,0\%$ поля зрения оптического микроскопа H604 Trinocular Unico (United Products & Instruments Inc., США) и сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM3030 Plus (Hitachi, Япония).

Результаты. Из патматериала птиц с признаками катарально-геморрагического аэросаккулита, геморрагического энтерита, фибринозного полисерозита и спленомегалии были выделены и идентифицированы *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*. В зависимости от времени культивирования установлены прямые коррелятивные зависимости ($r = 0,91$) между морфометрическими и денситометрическими показателями. При дисперсии гетерогенной популяции доминируют клетки с дефектной клеточной стенкой, сферопласты, игольчатые и гигантские структуры, а также клетки-ревертаны.

Заключение. Общие закономерности динамики развития гетерогенной популяции микроорганизмов опосредованы адгезией, синтезом экзоцеллюлярных молекул, интенсивной пролиферацией и дифференциацией клеток в зависимости от стадии клеточного цикла.

Ключевые слова: биопленки, бактерии, гетероморфизм, денситометрия, оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия

Благодарности: Авторы благодарят РОСБИОТЕХ, Белгородский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ», РУДН за предоставленные возможности для проведения исследовательской работы.

Для цитирования: Ленченко Е. М., Пономарев В. В., Сачивкина Н. П. Индикация биопленок изолятов *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*, идентифицированных при болезнях органов дыхания и пищеварения птиц. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 186–193. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-186-193>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Ленченко Екатерина Михайловна, д-р вет. наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, РОСБИОТЕХ, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, lenchenko-ekaterina@yandex.ru

Identification of *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris* biofilms detected in poultry with respiratory and gastrointestinal diseases

Ekaterina M. Lenchenko¹, Vladislav V. Ponomarev¹, Nadezda P. Sachivkina²

¹ Russian Biotechnological University, 11 Volokolamskoe highway, Moscow 125080, Russia

² Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117198, Russia

ABSTRACT

Introduction. When the body resistance-associated compensatory mechanisms are impaired or evolutionarily developed microbiocenoses are changed the quorum sensing signaling molecules facilitates excessive growth of pathogenic microorganisms. Antibacterial potential of inhibitors of intercellular communication molecule synthesis is achieved through reducing the microorganism adhesion and, consequently, *in vivo* and *in vitro* contamination.

© Ленченко Е. М., Пономарев В. В., Сачивкина Н. П., 2025

Objective. Study of the dynamics of morphometric and densitometric parameters of biofilms formed by *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris* isolates identified in poultry with respiratory and gastrointestinal diseases.

Materials and methods. Dynamics of the biofilms formed by reference strains and isolates recovered from pathological samples from ROSS-308 chickens at the age of 40–42 weeks ($n = 20$) were studied. The sample optical densities were determined using Immunochem-2100 photometric analyzer (HTI, USA), wavelength 580 nm (OD_{580}). Morphometric parameters were recorded at $\geq 90.0\%$ reliable frequency in the field of view of H604 Trinocular Unico optical microscope (United Products & Instruments Inc., USA) and Hitachi TM3030 Plus scanning electron microscope (Hitachi, Japan).

Results. *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, and *Proteus vulgaris* were isolated from pathological samples from the poultry with catarrhal hemorrhagic aerobaculitis, hemorrhagic enteritis, fibrinous polyserositis and splenomegaly signs and then identified. Direct correlations ($r = 0.91$) between morphometric and densitometric parameters depending on the cultivation time were established. Cells with defective cell walls, spheroplasts, needle-like and giant structures as well as revertant cells dominated during heterogeneous population dispersion.

Conclusion. General patterns of the heterogeneous microorganism population development are mediated by adhesion, synthesis of exocellular molecules, intensive cell proliferation and differentiation depending on the cell cycle stage.

Keywords: biofilms, bacteria, heteromorphism, densitometry, optical microscopy, scanning electron microscopy

Acknowledgements: The authors thank the Russian Biotechnological University, Belgorod Branch of the Federal Centre for Animal Health, and Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba for the study support.

For citation: Lenchenko E. M., Ponomarev V. V., Sachivkina N. P. Identification of *Escherichia coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris* biofilms detected in poultry with respiratory and gastrointestinal diseases. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 186–193. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-186-193>

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

For correspondence: Ekaterina M. Lenchenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Department of Veterinary Medicine, Russian Biotechnological University, 11 Volokolamskoe highway, Moscow 125080, Russia, lenchenko-ekaterina@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

При глобализации распространения новых нозологических форм, а также известных вариантов форм, характеризующихся высокими эпидемиологическими показателями, наблюдается статистически достоверная тенденция возрастания инцидентности инфекций, обусловленных антибиотикорезистентными бактериями порядка *Enterobacterales* [1, 2, 3, 4]. Из-за множественной лекарственной устойчивости указанные бактерии причислены к первой категории критического уровня приоритетности для исследований согласно перечню патогенов WHO Bacterial Priority Pathogens List (2024) [5].

Клинические изоляты *Escherichia coli*, идентифицированные при септицемии, неонатальных менингитах, уропатологии человека, имеют генетическое сходство и общие черты генов вирулентности с птичьими патогенными *E. coli* – АРЕС (Avian pathogenic *E. coli*) [6, 7].

Концентрация популяции на ограниченных площадях, комплектование хозяйств животными одного вида и возраста, применение антибиотиков, а также частая смена схемы вакцинации, в том числе применение вакцин, изготовленных на основе «горячих» и вариантных штаммов, способствуют широкому распространению инфекционных болезней [8]. По статистическим данным ветеринарной отчетности, колибактериоз регистрируется повсеместно, нанося значительный экономический ущерб [9, 10]. При развитии генерализованной инфекции у птиц доминирование этиологической значимости *E. coli* составляет от 50,7 до 100% в зависимости от эпизоотической ситуации на птицефабриках различного технологического направления, в крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах [11, 12]. Маркером множественной резистентности АРЕС является формирование устойчивости к различным классам антибиотиков, в том числе и к социально значимым: колистину, карбапенемам, β -лактамам [13, 14, 15, 16].

Реализация патогенных свойств *E. coli* обеспечивается факторами вирулентности, кодируемыми хромосомными, плазмидными генами и интегрированными в хромосому бактериофагами [17, 18]. При снижении компенсаторных механизмов мукоцилиарного клиренса и колонизационной резистентности кишечника, изменении количественного и видового состава микробиоценозов репрезентация сигнальных молекул quorum sensing (QS) способствует избыточному росту патогенных микроорганизмов [19]. Терапевтический и дезинфицирующий потенциал ингибиторов QS за счет блокировки синтеза молекул межклеточных коммуникаций позволяет снизить адгезию микроорганизмов, а соответственно, и степень контаминации *in vivo* и *in vitro* [20, 21].

Для раскрытия патогенетических аспектов инициации, развития и исхода инфекционной патологии птицы, характеризующихся избыточным ростом и диссеминацией патогенных энтеробактерий, приоритетность представляют исследования этиологической структуры респираторных и желудочно-кишечных болезней птицы. Изучение общих закономерностей многоуровневых алгоритмов дифференциации гетерогенной популяции, в том числе и жизнеспособных некультивируемых клеток, будут способствовать оптимизации длительной ретроспективной идентификации убиквитарных бактерий, а также в перспективе – разработке способов эрадикации биопленок.

Цель работы – изучить динамику изменений морфометрических и денситометрических показателей биопленок изолятов *E. coli*, *Escherichia albertii*, *Proteus vulgaris*, идентифицированных при болезнях органов дыхания и пищеварения птиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Штаммы. В опытах использовали изоляты, выделенные из патматериала птицы – кур кросса ROSS-308,

возраст – 40–42 нед. ($n = 20$). В качестве контроля использовали референтный штамм *Escherichia coli* ATCC 25922 из коллекции Государственного научно-исследовательского института стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов имени Л. А. Тарасевича (г. Москва) [22].

Питательные среды: среда Эндо, висмут-сульфидный агар (BCA; HiMedia, Индия), мясо-пептонный бульон (МПБ), мясо-пептонный агар (МПА), среда Гисса, кровяной агар, среда Олькеницкого, цитратный агар Симмонса (ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Россия), Tryptone Bile X-glucuronide agar, Chromocult® Coliform Agar (Merck, Германия).

Тест-системы: «Системы индикаторные бумажные для идентификации микроорганизмов. Набор № 2 для межродовой и видовой дифференциации энтеробактерий» (АО «НПО «Микроген», Россия); «Пластина биохимическая, дифференцирующая энтеробактерии (ПБДЭ)» (ООО «НПО «Диагностические системы», Россия); ENTERO-Rapid 24, NEFERMtest 24 (Erba Lachema s.r.o., Чехия).

Патолого-анатомические исследования проводили при полном вскрытии трупов кур ($n = 20$), направленных из птицеводческих хозяйств Центрально-Черноземного региона Российской Федерации для бактериологического исследования в Белгородский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ». Опыты выполняли в соответствии с «Методическими указаниями по патоморфологической диагностике болезней животных, птиц и рыб в ветеринарных лабораториях», утвержденными Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 11.09.2000 № 13-7-2/2137 [23]. При патолого-анатомическом исследовании применяли общепринятые методы, учитывая анатомо-топографические особенности птиц [24, 25, 26].

Микробиологические исследования проводили в соответствии с «Методическими указаниями по бактериологической диагностике смешанной кишечной инфекции молодняка животных, вызываемой патогенными энтеробактериями», утвержденными Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 11.10.1999 № 13-7-2/1759; «Методическими указаниями по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных», утвержденными Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 27.07.2000 № 13-7-2/2117; методическими рекомендациями «Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных», утвержденными Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 11.05.2004 № 13-5-02/1043 [27, 28, 29].

Авторы подтверждают соблюдение институциональных и национальных стандартов в соответствии с Consensus Author Guidelines for Animal Use (IAVES, 23 July 2010). Протокол исследования одобрен этическим комитетом РУДН, г. Москва, Россия (протокол от 08.10.2024 № 9а/3).

Для количественного учета микроорганизмов исследовали содержимое тонкого отдела и слепых отростков кишечника. Образцы массой 1,0 г помещали в пробирки и добавляли 9,0 см³ 0,85%-го раствора хлорида натрия. Из диагностически значимых разведений 0,1 мл анализируемого образца наносили на поверхность дифференциально-диагностических сред.

Исследуемый патматериал (сердце с перевязанными сосудами, легкие, трубчатую кость, печень с желч-

ным пузырем, селезенку) пастеровской пипеткой наносили на среднюю часть чашки Петри и равномерно растирали стеклянным шпателем. При исследовании тонкого отдела кишечника содержимое удаляли, тщательно соскабливали слизистую оболочку с помощью скарифицирующего конуса пастеровской пипетки и вносили материал на поверхность среды. Во избежание роста роящихся бактерий перед посевами материала поверхность среды Эндо орошали 96%-м этиловым спиртом (1–2 см³). Микроорганизмы культивировали при (37 ± 1) °C в течение (24 ± 1) и (48 ± 1) ч. Для выделения чистых культур микроорганизмов бактерий рода *Proteus* проводили посевы по Щукевичу в конденсационную жидкость свежеосажденного МПА и культивировали при (37 ± 1) °C в течение (24 ± 1) ч. При наличии роста микроорганизмы пересеивали на среду ВСА и культивировали при (37 ± 1) °C в течение (24 ± 1) и (48 ± 1) ч [24, 27, 28].

Для видовой идентификации три типичные для вида колонии микроорганизмов пересеивали в пробирки со скошенным МПА и культивировали при (37 ± 1) °C в течение (24 ± 1) ч. Изучение морфологических, культуральных и биохимических свойств микроорганизмов проводили общепринятыми методами [1, 27, 28, 29].

Исследование биоценоза. Для учета денситометрических показателей исследуемые образцы вносили в лунки 96-луночного планшета (АО «Фирма Медполимер», Россия), культивировали в статических аэробных условиях при (37 ± 1) °C в течение 6, 18, 24, 48 ч. По истечении указанного времени жидкость из лунок планшетов удаляли, осадок трижды промывали 200 мкл фосфатно-буферного раствора (рН 7,2). На каждой стадии промывки производили перемешивание при 2000 об/мин в течение 10 мин с использованием вихревого шейкера MixMate (Eppendorf, Германия). Фиксацию образцов проводили 96%-м этанолом в течение 15 мин, подсушивали при (37 ± 1) °C в течение 20 мин. Затем в лунки вносили 0,5%-й раствор красителя кристаллического фиолетового (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Индия), культивировали при (37 ± 1) °C в течение 5 мин. Содержимое лунок удаляли, трижды промывали 200 мкл фосфатно-буферного раствора (рН 7,3), подсушивали. Краситель элюировали 200 мкл 96%-го этилового спирта в течение 30 мин [30, 31]. Оптическую плотность образцов определяли с применением фотометрического анализатора ImmunoChem-2100 (НТИ, США) при длине волны 580 нм (OD₅₈₀).

Для морфометрических исследований препараты фиксировали смесью спирта и эфира (1:1) в течение 10 мин и окрашивали водным раствором генцианвиолета 1:2000 и по Граму (BioVitrum, Россия). Для сканирующей электронной микроскопии препараты фиксировали парами 25%-го раствора глутарового альдегида в течение 8 ч, а затем парами 1%-го раствора тетраоксида осмия в течение 4 ч. Уплотнение исследуемых образцов проводили этанолом возрастающей концентрации: 30, 50, 96, 100%. Затем образцы подвергали воздействию ионов золота с применением аппарата Q150T ES (Quorum Technologies Ltd., Великобритания). Морфометрические показатели учитывали при достоверной частоте встречаемости ≥ 90,0% поля зрения оптического микроскопа H604 Trinocular Unico (United Products & Instruments Inc., США) и сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM3030 Plus (Hitachi, Япония).

Результаты исследований обрабатывали методом статистического анализа с использованием критерия Стьюдента, результаты считали достоверными при $p \leq 0,05$ [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Патолого-анатомические исследования. При патолого-анатомическом вскрытии трупов кур кросса ROSS-308, возраст – 40–42 недели ($n = 20$), наблюдали, что перьевой покров всех исследованных птиц был тусклый и взъерошенный. Трупы кур были истощены. Выявляли цианоз слизистых оболочек, неравномерное и резкое вздутие желудка, тонкого отдела и слепых отростков кишечника. Множественные точечные и полосчатые кровоизлияния отмечены в мышцах и слизистых оболочках трахеи, желудка и кишечника. Острая застойная гиперемия органов сердечно-сосудистой системы характеризовалась переполнением кровью кровеносных сосудов, скоплением отечной жидкости рыхлой соединительной неоформленной ткани, гемолизом эритроцитов. Выявляли признаки катарально-геморрагического аэросаккулита, спленомегалии, геморрагического энтерита и фибринозного полисерозита (рис. 1).

Индикация и идентификация микроорганизмов. При посеве исследуемого материала на поверхность дифференциально-диагностических питательных сред, предназначенных для первичной идентификации, бактерии формировали круглые колонии с гладкой выпуклой поверхностью, ровными краями, диаметром 1,5–2,5 мм.

На среде Эндо ферментирующие лактозу микроорганизмы формировали красного цвета колонии, часть которых были с характерным металлическим блеском. Количество колоний, выросших при посеве содержимого тонкого кишечника, составило $(1,43 \pm 0,25) \times 10^6$ КОЕ/г; слепых отростков кишечника – $(4,6 \pm 0,32) \times 10^7$ КОЕ/г. Наряду с указанными бактериями из содержимого тонкого кишечника птиц были выявлены не ферментирующие лактозу микроорганизмы, количество бесцветных в центре с розовым оттенком колоний было равно $(0,85 \pm 0,34) \times 10^4$ КОЕ/г (рис. 2А).

При посеве по Шукевичу в конденсационную жидкость свежекошенного МПА выявили наличие роста микроорганизмов. Пересеянные из МПА культуры на среде ВСА формировали темно-зеленые колонии, вокруг которых наблюдали редуцированную зону, количество колоний составило $(0,77 \pm 0,87) \times 10^3$ КОЕ/г (рис. 2В).

При изучении морфологических, тинкториальных, биохимических свойств чистых культур микроорганизмов, выделенных из патматериала всех исследованных птиц (100%), были идентифицированы грамотрицательные, факультативно-анаэробные, оксидазоотрицательные, каталазоположительные изоляты *E. coli*. В пробах содержимого тонкого кишечника 16 птиц (80%) выявлена монокультура *E. coli*. В образцах тонкого кишечника 4 птиц (20%) наряду с *E. coli* обнаружены бактерии *E. albertii*, *P. vulgaris*.

Морфологические и денситометрические показатели биопленок. При (37 ± 1) °C в течение 6, 18, 24, 48 ч в статических аэробных условиях культивирования выявляли общие закономерности развития и формирования биопленок изолятами *E. coli*, *E. albertii*, *P. vulgaris*, независимо от источника выделения. Изменения

значений абсолютных величин оптической плотности исследуемых образцов и интенсивность формирования биопленок представлены в таблице.

В зависимости от времени культивирования установлены прямые коррелятивные зависимости ($r = 0,91$) между интенсивностью денситометрических показателей и возрастом достоверной частоты визуализации коагрегации бактерий, объединенных межклеточным матриксом.

При репрезентативной выборке $\geq 90,0\%$ поля зрения микроскопа дифференцировали стадии образования биопленок: адгезия, фиксация, микроколония, рост, дисперсия. На начальных этапах развития за счет кондиционирования выявляли сорбцию, неспецифическую адгезию микроорганизмов к поверхности исследуемого субстрата – стекла. Причем клетки могут на данном этапе как прикрепиться к поверхности субстрата, так и открепиться, переходя вновь в планктонную фазу развития. Межмолекулярные взаимодействия специализированных структур клеточной стенки микроорганизмов обеспечивают необратимую адгезию – фиксацию бактерий. Прикрепившиеся прочно к поверхности субстрата микроорганизмы способствовали адгезии последующих клеток. В зависимости от стадий клеточного цикла дифференцировали клетки

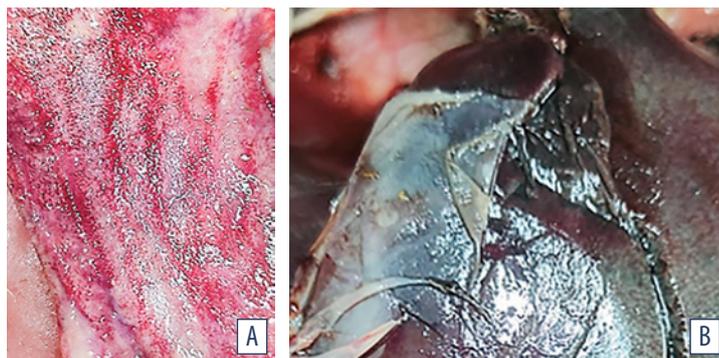


Рис. 1. Патолого-анатомические признаки болезней органов пищеварения птицы: А – множественные кровоизлияния в слизистой оболочке кишечника; В – перигепатит

Fig. 1. Postmortem gastrointestinal lesions in poultry: А – multiple hemorrhages in intestinal mucosa; В – perihepatitis

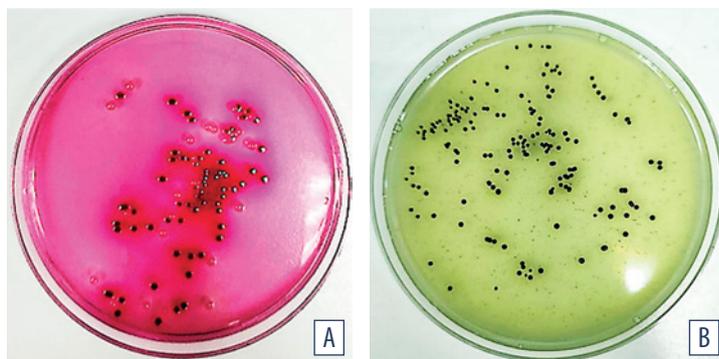


Рис. 2. Культуры микроорганизмов, выделенные из содержимого тонкого кишечника кур: А – среда Эндо, культивирование при (37 ± 1) °C в течение 24 ч; В – среда ВСА, культивирование при (37 ± 1) °C в течение (24 ± 1) ч

Fig. 2. Microorganism cultures isolated from chicken small intestine contents: А – Endo medium, cultivation at (37 ± 1) °C for 24 hours; В – bismuth sulfite agar, cultivation at (37 ± 1) °C for (24 ± 1) hours

Таблица
Денситометрические показатели биопленок

Table
Densitometric parameters of biofilms

Время культивирования образцов, ч	Абсолютная величина оптической плотности	Интенсивность формирования биопленок
6	(0,102 ± 0,04) – (0,111 ± 0,06)	≥ 0,1–0,2
18	(0,172 ± 0,07) – (0,191 ± 0,05)	≥ 0,1–0,2
24	(0,246 ± 0,03) – (0,284 ± 0,08)	≥ 0,2–0,3
48	(0,348 ± 0,07) – (0,526 ± 0,18)	≥ 0,3–0,4

разной формы и размеров, объединенные межклеточным матриксом (рис. 3).

В процессе интенсивной пролиферации клеток, синтезирующих экзоцеллюлярные молекулы, формировались кластеры (скопления, конгломераты), развивающиеся за счет бинарного деления бактерий. Между кластерами упорядоченно и вместе с тем разнонаправленно расположенных клеток выявляли округлой формы структуры – каналы, содержащие жидкость, обеспечивающие гидратацию популяции. При увеличении численности прикрепившихся делящихся клеток и, соответственно, достоверном возрастании синтеза экзоцеллюлярных компонентов межклеточный матрикс уплотнялся. При окраске анилиновыми красителями со свойствами метакромазии, в зависимости от химического состава, дифференцировали компоненты матрикса: белковые структуры – синий цвет, полисахариды – розовый цвет (рис. 4).

При реализации механизмов межклеточной коммуникации QS за счет увеличения численности популяции, степени развития межклеточного матрикса происходит иммобилизация популяции зрелой трехмерной гетероморфной биопленки. По мере увеличения времени культивирования возрастала дисперсия (распад) гетероморфной популяции. Наряду с типичными для вида клетками выявляли бактерии, характерные для L-трансформации. Доминирующими были клетки с дефектной клеточной стенкой, сферопласты, игольчатые

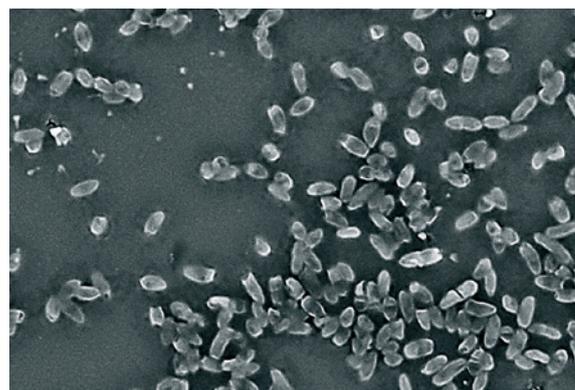


Рис. 3. Морфология биопленки E. coli (среда МПБ; культивирование при (37 ± 1) °C в течение 18 ч; Hitachi TM3030 Plus, Япония)

Fig. 3. E. coli biofilm morphology (meat peptone broth (MPB) medium; cultivation at (37 ± 1) °C for 18 hours; Hitachi TM3030 Plus, Japan)

и гигантские структуры, а также клетки, способные к реверсии в исходное фенотипическое и метаболическое состояние. Деструкция, частичный или полный автолиз клеток, утрачивающих типичные морфофункциональные признаки (некультивируемые клетки), сопровождалась увеличением светопреломления и снижением оптической плотности биопленки (рис. 5).

При развитии синдрома избыточного роста микроорганизмов их патогенный потенциал реализуется за счет транскрипционного контроля адгезии, инвазии, синтеза полимерных молекул [32, 33]. Молекулы QS рассматриваются как перспективные мишени при разработке препаратов, значительно снижающих адгезию АРЕС и ингибирующих экспрессию противовоспалительных цитокинов [34, 35].

Результаты исследований динамики развития биопленок будут способствовать оптимизации способов микробиологического мониторинга критических точек технологии птицеводства, а также могут быть использованы при разработке лекарственных и дезинфицирующих препаратов, блокирующих синтез молекул межклеточной коммуникации.

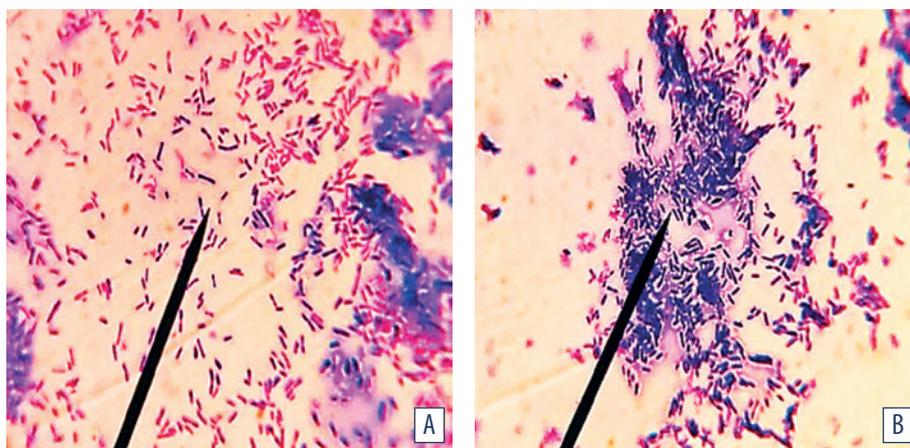


Рис. 4. Морфология биопленки E. coli (среда МПБ, температура (37 ± 1) °C, время культивирования: А – 18 ч, В – 24 ч; окраска по Граму; ок. 10×, об. 100×, иммерсия, H604 Trinocular Unico, США)

Fig. 4. E. coli biofilm morphology (MPB medium, temperature (37 ± 1) °C, cultivation period: A – 18 hours, B – 24 hours; Gram staining; oc. 10×, obj. 100×, immersion, H604 Trinocular Unico, USA)

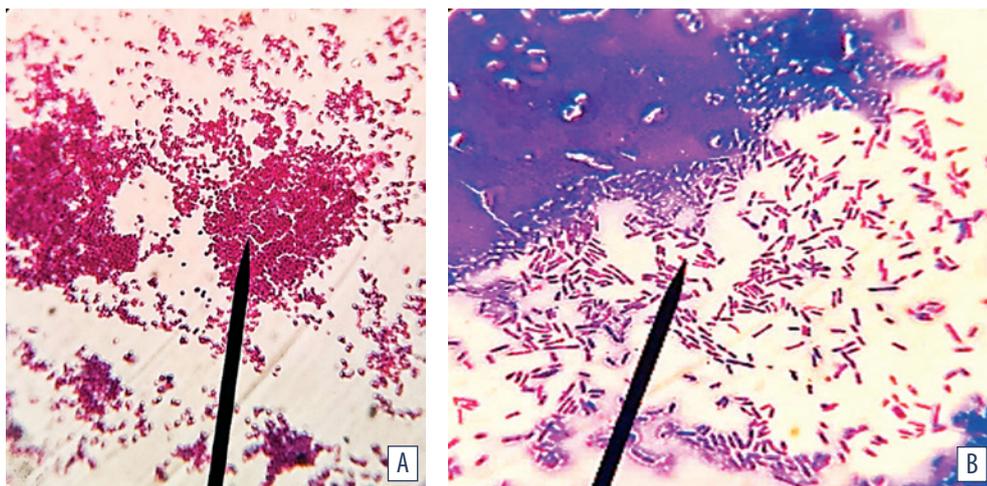


Рис. 5. Морфология биопленки: А – *E. albertii*; В – *E. coli* (среда МПБ; культивирование при $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 48 ч; окраска по Граму; ок. 10х, об. 100х, иммерсия, H604 Trinocular Unico, США)

Fig. 5. Biofilm morphology: А – *E. albertii*; В – *E. coli* (MPB medium; cultivation at $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 48 hours; Gram staining; oc. 10х, obj. 100х, immersion, H604 Trinocular Unico, USA)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При $(37 \pm 1,0)^\circ\text{C}$ в течение 6, 18, 24, 48 ч в статических аэробных условиях культивирования выявляли общие закономерности развития и формирования биопленок изолятов *E. coli*, *E. albertii*, *P. vulgaris*. Инициация и развитие биопленки – особая форма межклеточной коммуникации QS, представляющая собой многоэтапный процесс дифференциации единичных подвижных планктонных микроорганизмов и адгезированных популяций клеток. Общей закономерностью динамики развития гетерогенной популяции микроорганизмов, опосредованной адгезией, интенсивной пролиферацией клеток, синтезом экзоцеллюлярных молекул, является коагрегация гетероморфных клеток разных размеров и форм в зависимости от стадии клеточного цикла. При дисперсии гетероморфной популяции доминирующими были бактерии, характерные для L-трансформации. Наряду с клетками, типичными для вида, дифференцировались сферопласты, игольчатые и гигантские структуры, а также клетки, способные к реверсии в исходное фенотипическое и метаболическое состояние.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Janda J. M., Abbott S. L. The changing face of the family *Enterobacteriaceae* (Order: "Enterobacterales"): new members, taxonomic issues, geographic expansion, and new diseases and disease syndromes. *Clinical Microbiology Reviews*. 2021; 34 (2):e00174-20. <https://doi.org/10.1128/cmr.00174-20>
- Mirzaei A., Nasr Esfahani B., Ghanadian M., Moghim S. *Alhagi maurorum* extract modulates quorum sensing genes and biofilm formation in *Proteus mirabilis*. *Scientific Reports*. 2022; 12 (1):13992. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18362-x>
- Muchaamba F., Barmettler K., Treier A., Houf K., Stephan R. Microbiology and epidemiology of *Escherichia albertii* – an emerging elusive food-borne pathogen. *Microorganisms*. 2022; 10 (5):875. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050875>
- Hirose S., Konishi N., Sato M., Suzumura K., Obata H., Ohtsuka K., et al. Growth and survival of *Escherichia albertii* in food and environmental water at various temperatures. *Journal of Food Protection*. 2024; 87 (4):100249. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100249>
- WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>
- Khairullah A. R., Afnani D. A., Riwi K. H. P., Widodo A., Yanestria S. M., Moses I. B., et al. Avian pathogenic *Escherichia coli*: Epidemiology, virulence

and pathogenesis, diagnosis, pathophysiology, transmission, vaccination, and control. *Veterinary World*. 2024; 17 (12): 2747–2762. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2747-2762>

7. Nawaz S., Wang Z., Zhang Y., Jia Y., Jiang W., Chen Z., et al. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC): current insights and future challenges. *Poultry Science*. 2024; 103 (12):104359. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104359>

8. Джавадов Э. Д., Новикова О. Б., Красков Д. А., Березкин В. А. Болезни птиц, вызываемые условно-патогенной микрофлорой. *Эффективное животноводство*. 2023; (6): 8–12. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2023-6-8-12>

9. Герасимова А. О., Новикова О. Б., Савичева А. А. Колибактериоз птиц – актуальные вопросы. *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (4): 284–292. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292>

10. Курмакаева Т. В., Козак С. С., Баранович Е. С. К вопросу о заболеваемости птицы отдельными бактериальными болезнями и обеспечение биобезопасности. *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (2): 171–176. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-2-171-176>

11. Макавчик С. А., Смирнова Л. И., Сухинин А. А., Кузьмин В. А. Видовое разнообразие доминирующих этиологически значимых бактерий, циркулирующих в промышленном птицеводстве. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (1): 22–26. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.22>

12. Тамбиев Т. С., Тамбиева Ю. Г., Дулетов Е. Г., Федоров В. Х., Тазян А. Н., Федюк В. В., Шлычков А. Е. Антимикробная активность фитогенных препаратов в отношении условно-патогенной микрофлоры кишечника кур. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2023; (2): 27–31. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-2-27-31>

13. Панкратов С. В., Рождественская Т. Н., Сухинин А. А., Рузина А. В. Респираторный синдром птиц. Этиология, диагностика, меры борьбы и профилактики. *Птица и птицепродукты*. 2021; (4): 34–36. <https://elibrary.ru/tfcyus>

14. Исакова М. Н., Соколова О. В., Безбородова Н. А., Кривоногова А. С., Исаева А. Г., Зубарева В. Д. Антибиотикорезистентность клонических изолятов *Escherichia coli*, выделенных от животных. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (1): 14–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19>

15. Конищева А. С., Лещева Н. А., Плешакова В. И. Микробиологический спектр возбудителей при желудочно-кишечной патологии у животных. *Вестник КрасГАУ*. 2022; (2): 106–112. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-2-106-112>

16. Прунтова О. В., Русалеев В. С., Шадрова Н. Б. Современное представление о механизмах антимикробной резистентности бактерий (аналитический обзор). *Ветеринария сегодня*. 2022; 11 (1): 7–13. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-7-13>

17. Пирожков М. К., Галиакбарова А. А., Пименов Н. В. Современное состояние отечественного рынка вакцинорефератов против колибактериоза животных. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022; (2): 12–20. <https://elibrary.ru/chvpjh>

18. Светоч Э. А., Ерусланов Б. В., Мицевич И. П., Храмов М. В., Перескокова Е. С., Карцев Н. Н., Фурсова Н. К. Алгоритм разработки и характеристика диагностических латексных тест-систем, производимых

- в Государственном научном центре прикладной микробиологии и биотехнологии (часть 2). *Бактериология*. 2023; 8 (3): 56–67. <https://obolensk.org/bacteriology/archive-numbers/item/453-svetoch2023-8-3-p56-67>
- Lenchenko E., Sachivkina N., Lobaeva T., Zhabo N., Avdonina M. Bird immunobiological parameters in the dissemination of the biofilm-forming bacteria *Escherichia coli*. *Veterinary World*. 2023; 16 (5): 1052–1060. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1052-1060>
 - Peng L.-Y., Yuan M., Wu Z.-M., Song K., Zhang C.-L., An Q., et al. Antibacterial activity of baicalin against APEC through inhibition of quorum sensing and inflammatory responses. *Scientific Reports*. 2019; 9 (1):4063. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40684-6>
 - Sachivkina N., Vasilieva E., Lenchenko E., Kuznetsova O., Karamyan A., Ibragimova A., et al. Reduction in pathogenicity in yeast-like fungi by farnesol in quail model. *Animals*. 2022; 12 (4):489. <https://doi.org/10.3390/ani12040489>
 - ATCC: The Global Bioresource Center. <https://www.atcc.org/products/25922>
 - Методические указания по патоморфологической диагностике болезней животных, птиц и рыб в ветеринарных лабораториях: утв. Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 11.09.2000 № 13-7-2/2137. <https://base.garant.ru/71878976>
 - Иллюстрированный атлас болезней птиц. Ред. Б. Ф. Бессарабов. М.: Медол; 2006. 247 с.
 - Волков М. С., Ирза В. Н., Варкентин А. В., Роголев С. В., Андриясов А. В. Результаты научной экспедиции в природные биотопы Республики Тыва в 2019 году для проведения мониторинга инфекционных болезней в популяциях диких птиц. *Ветеринария сегодня*. 2020; (2): 83–88. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-2-33-83-88>
 - Громов И. Н. Патоморфологическая и дифференциальная диагностика болезней птиц, протекающих с преимущественным поражением кишечника. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2020; (2): 27–31. <https://elibrary.ru/ofnxc>
 - Методические указания по бактериологической диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных: утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 27.07.2000 № 13-7-2/2117. <https://docs.cntd.ru/document/555906594>
 - Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных: методические рекомендации: утв. Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 11.05.2004 № 13-5-02/1043. <http://gost.gtsever.ru/Data2/1/4293723/4293723844.pdf>
 - Методические указания по бактериологической диагностике смешанной кишечной инфекции молодняка животных, вызываемой патогенными энтеробактериями: утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 11.10.1999 № 13-7-2/1759. <https://base.garant.ru/71987758>
 - Carter M. Q., Carychao D., Lindsey R. L. Conditional expression of flagellar motility, curli fimbriae, and biofilms in Shiga toxin-producing *Escherichia albertii*. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15:1456637. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1456637>
 - Lenchenko E., Sachivkina N., Petrukhnina O., Petukhov N., Zharov A., Zhabo N., Avdonina M. Anatomical, pathological, and histological features of experimental respiratory infection of birds by biofilm-forming bacteria *Staphylococcus aureus*. *Veterinary World*. 2024; 17 (3): 612–619. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.612-619>
 - Robé C., Blasse A., Merle R., Friese A., Roesler U., Guenther S. Low dose colonization of broiler chickens with ESBL-/AmpC-producing *Escherichia coli* in a seeder-bird model independent of antimicrobial selection pressure. *Frontiers in Microbiology*. 2019; 10:2124. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02124>
 - Lenchenko E., Lozovoy D., Strizhakov A., Vatnikov Yu., Byakhova V., Kulikov E., et al. Features of formation of *Yersinia enterocolitica* biofilms. *Veterinary World*. 2019; 12 (1): 136–140. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.136-140>
 - Sivaranjani M., McCarthy M. C., Sniatynski M. K., Wu L., Dillon J. R., Rubin J. E., White A. P. Biofilm formation and antimicrobial susceptibility of *E. coli* associated with colibacillosis outbreaks in broiler chickens from Saskatchewan. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:841516. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.841516>
 - Helmy Y. A., Kathayat D., Deblais L., Srivastava V., Closs G. Jr., Tokarski R. J., et al. Evaluation of novel quorum sensing inhibitors targeting auto-inducer 2 (AI-2) for the control of avian pathogenic *Escherichia coli* infections in chickens. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10 (3):e00286-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00286-22>
 - Janda J. M., Abbott S. L. The changing face of the family *Enterobacteriaceae* (Order: "Enterobacterales"): New members, taxonomic issues, geographic expansion, and new diseases and disease syndromes. *Clinical Microbiology Reviews*. 2021; 34 (2):e00174-20. <https://doi.org/10.1128/cmr.00174-20>
 - Mirzaei A., Nasr Esfahani B., Ghanadian M., Moghim S. Alhagi mauro-rum extract modulates quorum sensing genes and biofilm formation in *Proteus mirabilis*. *Scientific Reports*. 2022; 12 (1):13992. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18362-x>
 - Muchaamba F., Barmettler K., Treier A., Houf K., Stephan R. Microbiology and epidemiology of *Escherichia albertii* – an emerging elusive food-borne pathogen. *Microorganisms*. 2022; 10 (5):875. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050875>
 - Hirose S., Konishi N., Sato M., Suzumura K., Obata H., Ohtsuka K., et al. Growth and survival of *Escherichia albertii* in food and environmental water at various temperatures. *Journal of Food Protection*. 2024; 87 (4):100249. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100249>
 - WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>
 - Khairullah A. R., Afrani D. A., Riwu K. H. P., Widdo A., Yanestria S. M., Moses I. B., et al. Avian pathogenic *Escherichia coli*: epidemiology, virulence and pathogenesis, diagnosis, pathophysiology, transmission, vaccination, and control. *Veterinary World*. 2024; 17 (12): 2747–2762. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2747-2762>
 - Nawaz S., Wang Z., Zhang Y., Jia Y., Jiang W., Chen Z., et al. Avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC): current insights and future challenges. *Poultry Science*. 2024; 103 (12):104359. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104359>
 - Javadov E. J., Novikova O. B., Kraskov D. A., Berezkin V. A. Bolezni ptits, vzyivayemye uslovno-patogennoi mikrofloroi = Avian diseases caused by opportunistic microorganisms. *Effectivnoe zhivotnovodstvo*. 2023; (6): 8–12. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2023-6-8-12> (in Russ.)
 - Gerasimova A. O., Novikova O. B., Savicheva A. A. Avian colibacillosis – current aspects. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (4): 284–292. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2023-12-4-284-292>
 - Kurmakaeva T. V., Kozak S. S., Baranovich E. S. On occurrence of some avian bacterial diseases and biosafety provision. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (2): 171–176. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-2-171-176>
 - Makavchik S. A., Smirnova L. I., Sukhinin A. A., Kuzmin V. A. Species diversity of dominant etiologically significant bacteria circulating in industrial poultry. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022; (1): 22–26. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.22> (in Russ.)
 - Tambiev T. S., Tambieva Yu. G., Duletov E. G., Fedorov V. Kh., Tazayan A. N., Fedyuk V. V., Shlychkov A. E. Antimicrobial activity of phyto-genic drugs against conditionally pathogenic intestinal microflora of chickens. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2023; (2): 27–31. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-2-27-31> (in Russ.)
 - Pancratov S. V., Rozhdestvenskaya T. N., Sukhinin A. A., Ruzina A. V. Poultry respiratory syndrome. Etiology. Diagnostics. Measures of control and prevention. *Poultry & Chicken Products*. 2021; (4): 34–36. <https://elibrary.ru/tfcyus> (in Russ.)
 - Isakova M. N., Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Zubareva V. D. Antimicrobial resistance in clinical *Escherichia coli* isolates obtained from animals. *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (1): 14–19. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19>
 - Konishcheva A. S., Leshcheva N. A., Pleshakova V. I. Pathogens microbiological spectrum in gastrointestinal pathology in animals. *Bulletin KrasSAU*. 2022; (2): 106–112. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-2-106-112> (in Russ.)
 - Pruntova O. V., Russaleyev V. S., Shadrova N. B. Current understanding of antimicrobial resistance mechanisms in bacteria (analytical review). *Veterinary Science Today*. 2022; 11 (1): 7–13. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-1-7-13>
 - Pirozhkov M. K., Galiakbarova A. A., Pimenov N. V. The current state of the domestic market for vaccines against colibacillosis of animals. *Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya*. 2022; (2): 12–20. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202202002> (in Russ.)
 - Svetoch E. A., Eruslanov B. V., Mitsevich I. P., Khramov M. V., Perekokova E. S., Kartsev N. N., Fursova N. K. The algorithm for development and characterization of diagnostic latex test-systems producing at the State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology (part 2). *Bacteriology*. 2023; 8 (3): 56–67. <https://obolensk.org/bacteriology/archive-numbers/item/453-svetoch2023-8-3-p56-67> (in Russ.)
 - Lenchenko E., Sachivkina N., Lobaeva T., Zhabo N., Avdonina M. Bird immunobiological parameters in the dissemination of the biofilm-forming bacteria *Escherichia coli*. *Veterinary World*. 2023; 16 (5): 1052–1060. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1052-1060>
 - Peng L.-Y., Yuan M., Wu Z.-M., Song K., Zhang C.-L., An Q., et al. Antibacterial activity of baicalin against APEC through inhibition of quorum sensing and inflammatory responses. *Scientific Reports*. 2019; 9 (1):4063. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40684-6>

REFERENCES

21. Sachivkina N., Vasilieva E., Lenchenko E., Kuznetsova O., Karamyan A., Ibragimova A., et al. Reduction in pathogenicity in yeast-like fungi by farnesol in quail model. *Animals*. 2022; 12 (4):489. <https://doi.org/10.3390/ani12040489>
22. ATCC: The Global Bioresource Center. <https://www.atcc.org/products/25922>
23. Methodical guidelines for pathomorphological diagnosis of animal, avian, and fish diseases in veterinary laboratories: approved by the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 11 September 2000, No. 13-7-2/2137. <https://base.garant.ru/71878976> (in Russ.)
24. Illustrated atlas of avian diseases. Ed. B. F. Bessarabov. Moscow: Medol; 2006. 247 p. (in Russ.)
25. Volkov M. S., Irza V. N., Varkentin A. V., Rogolyov S. V., Andriysov A. V. Results of scientific expedition to natural biotopes of the Republic of Tyva in 2019 with the purpose of infectious disease monitoring in wild bird populations. *Veterinary Science Today*. 2020; (2): 83–88. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-2-33-83-88>
26. Gromov I. N. Pathomorphological and differential diagnostics of poultry diseases affecting primarily intestines. *Animal Agriculture and Veterinary Medicine*. 2020; (2): 27–31. <https://elibrary.ru/ofnxc> (in Russ.)
27. Methodical guidelines for bacteriological diagnosis of animal colibacillosis (escherichiosis): approved by the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 27 July 2000 No. 13-7-2/2117. <https://docs.cntd.ru/document/555906594> (in Russ.)
28. Isolation of bacteria from the animal gastrointestinal tract and identification thereof: methodical guidelines approved by the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 11 May 2004, No. 13-5-02/1043. <http://gost.gtsever.ru/Data2/1/4293723/4293723844.pdf> (in Russ.)
29. Methodical guidelines for bacteriological diagnosis of mixed intestinal infection in young animals caused by pathogenic enterobacteria, approved by the Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 11 October 1999, No. 13-7-2/1759. <https://base.garant.ru/71987758> (in Russ.)
30. Carter M. Q., Carychao D., Lindsey R. L. Conditional expression of flagellar motility, curli fimbriae, and biofilms in Shiga toxin-producing *Escherichia albertii*. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 15:1456637. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1456637>
31. Lenchenko E., Sachivkina N., Petrukhina O., Petukhov N., Zharov A., Zhabo N., Avdonina M. Anatomical, pathological, and histological features of experimental respiratory infection of birds by biofilm-forming bacteria *Staphylococcus aureus*. *Veterinary World*. 2024; 17 (3): 612–619. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.612-619>
32. Robé C., Blasse A., Merle R., Friese A., Roesler U., Guenther S. Low dose colonization of broiler chickens with ESBL-/AmpC-producing *Escherichia coli* in a seeder-bird model independent of antimicrobial selection pressure. *Frontiers in Microbiology*. 2019; 10:2124. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02124>
33. Lenchenko E., Lozovoy D., Strizhakov A., Vatikov Yu., Byakhova V., Kulikov E., et al. Features of formation of *Yersinia enterocolitica* biofilms. *Veterinary World*. 2019; 12 (1): 136–140. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.136-140>
34. Sivarajani M., McCarthy M. C., Sniatynski M. K., Wu L., Dillon J. R., Rubin J. E., White A. P. Biofilm formation and antimicrobial susceptibility of *E. coli* associated with colibacillosis outbreaks in broiler chickens from Saskatchewan. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:841516. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.841516>
35. Helmy Y. A., Kathayat D., Deblais L., Srivastava V., Closs G. Jr., Tokarski R. J., et al. Evaluation of novel quorum sensing inhibitors targeting auto-inducer 2 (AI-2) for the control of avian pathogenic *Escherichia coli* infections in chickens. *Microbiology Spectrum*. 2022; 10 (3):e00286-22. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00286-22>

Поступила в редакцию / Received 14.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 07.03.2025

Принята к публикации / Accepted 14.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ленченко Екатерина Михайловна, д-р вет. наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, РОСБИОТЕХ, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-2576-2020>, lenchenko-ekaterina@yandex.ru

Пономарев Владислав Владимирович, аспирант кафедры ветеринарной медицины, РОСБИОТЕХ, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4634-4362>, vladponomarev1404@yandex.ru

Сачивкина Надежда Павловна, канд. биол. наук, доцент департамента ветеринарной медицины Аграрно-технологического института РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1100-929X>, sachivkina@yandex.ru

Ekaterina M. Lenchenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Department of Veterinary Medicine, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-2576-2020>, lenchenko-ekaterina@yandex.ru

Vladislav V. Ponomarev, Postgraduate Student, Department of Veterinary Medicine, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4634-4362>, vladponomarev1404@yandex.ru

Nadezda P. Sachivkina, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1100-929X>, sachivkina@yandex.ru

Вклад авторов: Авторы внесли равный вклад в проведение исследования: сбор и анализ материала; определение целей и задач, методов исследования; формулирование и научное обоснование выводов; оформление ключевых результатов исследования в виде статьи.

Contribution of the authors: The authors contributed to the study equally: data collection and analysis; determination of the study goals, tasks and methods; conclusion formulation and scientific justification; presentation of the key study results as the paper.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>
УДК 619:579.852.13:636.22/.28

Видовое разнообразие клостридий у крупного рогатого скота

П. Н. Шастин, В. А. Савинов, А. И. Лаишевцев, Е. Д. Мандрыка, Е. А. Фабрикантова, А. В. Супова

ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии

имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Клостридиозы, несмотря на относительно спорадические случаи их возникновения, имеют повсеместное распространение и характеризуются высокой летальностью, что наносит экономический ущерб сельскому хозяйству. У крупного рогатого скота патогенные клостридии вызывают такие заболевания, как энтеротоксемия, злокачественный отек, столбняк, ботулизм. Этиологически значимыми видами клостридий являются *Clostridium septicum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*.

Цель работы. Изучение видового разнообразия клостридий на основании исследований патолого-анатомического и секционного материала крупного рогатого скота из различных регионов России, определение мест их локализации в организме животных, а также антибактериальной устойчивости *Clostridium perfringens* к наиболее распространенным группам антибиотиков.

Материалы и методы. В период проведения исследования руководствовались общепринятыми нормативно-правовыми документами, методическими указаниями, рекомендациями, инструкциями; применяли микробиологические, масс-спектрометрические методы. Для определения антибактериальной устойчивости использовались различные группы препаратов: макролиды, монобактамы, пенициллины, полипептиды, гликопептиды, аминогликозиды, карбапенемы, линкозамиды, тетрациклины, ансамицины, диаминопиримидины, фузидины и др. Изоляты клостридий выделяли, используя рутинные бактериологические методы, видовую идентификацию выполняли с помощью времяпротечной масс-спектрометрии MALDI-ToF.

Результаты. При исследовании 359 образцов биоматериала было выделено и идентифицировано 137 изолятов клостридий (*Paraclostridium bifementans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium paraputrificum*, *Clostridium* spp.), из которых 25 обладали патогенными и 17 – токсигенными свойствами. Чаще всего клостридии обнаруживали в печени, тонком и толстом отделах кишечника, мышцах. При этом выявлено превалирование *Clostridium perfringens* (17,5%). Установлена полирезистентность изолятов данного вида бактерии к цеффиксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину.

Заключение. Полученные результаты могут быть использованы для модификации существующих протоколов лечения клостридиозов, корректировки состава иммунобиологических препаратов, разработки рекомендаций по использованию антибиотиков в животноводстве для снижения рисков развития антимикробной резистентности.

Ключевые слова: клостридии, *Clostridiaceae*, крупный рогатый скот, антибиотикорезистентность, токсигенность, биобезопасность, патогенность, анаэробы

Благодарности: Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FGUG-2025-0003.

Для цитирования: Шастин П. Н., Савинов В. А., Лаишевцев А. И., Мандрыка Е. Д., Фабрикантова Е. А., Супова А. В. Видовое разнообразие клостридий у крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 194–200. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия, shastin.pasha@yandex.ru

Clostridium species diversity in cattle

Pavel N. Shastin, Vasily A. Savinov, Aleksey I. Laishevcev, Ekaterina D. Mandryka, Elizaveta A. Fabrikantova, Anastasia V. Supova

Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospect, Moscow 109428, Russia

ABSTRACT

Introduction. Clostridial infections, though relatively sporadic, are globally ubiquitous and specified by high mortality rates, resulting in substantial economic losses to agriculture. In cattle, pathogenic clostridia cause diseases such as enterotoxemia, malignant edema, tetanus, and botulism. The most clinically significant species include *Clostridium septicum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, and *Clostridium sordellii*.

Objective. Study of *Clostridium* spp. diversity by examination of autopsy samples and sections of cattle from different regions of Russia; determination of their anatomical localization as well as antibiotic resistance of *Clostridium perfringens* to the most common groups of antibiotics.

Materials and methods. Throughout the study, we adhered to internationally recognized regulatory frameworks and methodological guidelines, employing standardized microbiological and mass-spectrometric methods. Antibiotic resistance was tested against multiple drug groups, such as macrolides, monobactams, penicillins, polypeptides, glycopeptides, aminoglycosides, carbapenems, lincosamides, tetracyclines, ansamycins, diaminopyrimidines, fusidic acid derivatives, etc. *Clostridium* isolates were recovered and identified using routine bacteriological methods coupled with MALDI-ToF mass spectrometry.

© Шастин П. Н., Савинов В. А., Лаишевцев А. И., Мандрыка Е. Д., Фабрикантова Е. А., Супова А. В., 2025

Results. Analysis of 359 biological samples resulted in isolation and identification of 137 *Clostridium* isolates (*Paraclostridium bifermentans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium paraputrificum*, *Clostridium* spp.), of which 25 exhibited pathogenic potential and 17 demonstrated toxigenic properties. Clostridia were most frequently isolated from the liver, small and large intestinal segments, and muscular tissues. Herewith, *Clostridium perfringens* prevailed (17.5%). This bacterium isolates demonstrated multiple drug resistance to cefixime, fusidic acid, cefotaxime, cefaclor, spectinomycin, piperacillin, clarithromycin, doripenem and doxycycline.

Conclusion. The obtained results can be used for modification of current clostridial infection treatment protocols, reformulation of immunobiological products, development of evidence-based guidelines for use of antibiotics in livestock production to mitigate antimicrobial resistance risks.

Keywords: *Clostridium*, *Clostridiaceae*, cattle, antibiotic resistance, toxigenicity, biosafety, pathogenicity, anaerobes

Acknowledgements: The study was conducted under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project FGUG-2025-0003).

For citation: Shastin P. N., Savinov V. A., Laishevsev A. I., Mandryka E. D., Fabrikantova E. A., Supova A. V. *Clostridium* species diversity in cattle. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 194–200. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-194-200>

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

For correspondence: Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia, shastin.pasha@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Впервые род клостридий был описан А. Prazmowski в 1880 г., в настоящее время выявлено более 225 видов данной бактерии в различных регионах планеты. Клостридии являются грамположительными палочками, образующими споры, имеют широкое распространение в окружающей среде, а также входят в состав микробиома человека и животных, но только некоторые из них способны вызывать заболевания у животных [1, 2, 3]. Клостридиозы характеризуются высокой смертностью. Благодаря способности спорообразования клостридии могут долгое время сохраняться в почве, таким образом представляя собой потенциальную угрозу возникновения заболевания [4, 5, 6]. Проникновение в организм животных происходит в основном при поедании контаминированного корма (алиментарным путем), через раны либо при вдыхании. Основными факторами патогенности клостридий являются экзотоксины и ферменты [7, 8, 9, 10], которые обладают гемолитическим, некротизирующим и летальным эффектами. Наиболее сильнодействующими токсинами клостридиального происхождения являются ботулинистический и столбнячный нейротоксины, а также эpsilon-токсин, вырабатываемый *Clostridium perfringens* типов В и D [11, 12, 13, 14].

Появление полирезистентных штаммов клостридий приводит к более широкому распространению клостридиозов. Ряд ученых отмечают низкую терапевтическую эффективность антибактериальных препаратов при клиническом проявлении анаэробной энтеротоксемии у молодняка крупного рогатого скота, высокую летальность и необходимость специфической профилактики [7, 15, 16, 17, 18, 19].

В настоящее время, по данным компонента «Гален» ФГИС «ВетИС», перечень зарегистрированных вакцин против клостридиозов крупного рогатого скота на территории Российской Федерации представлен следующими препаратами: «Клостривак» (Тесновах S. A., Аргентина); «Коглавакс» (Ceva Sante Animale, Франция; Ceva-Phylaxia Veterinary Biologicals Company, Венгрия); «Клостбовакс-8» (ООО «Ветбиохим», Россия); «Клостарм-9»

(ФКП «Армавирская биофабрика», Россия); «Куболак» (CZ Vaccines S. A. U., Испания); «Антокс-9» (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия); «ВанШотУльтра 8» (Zoetis Inc., США); «Скоугард 4КС» (Zoetis Inc., США).

Актуальность и новизна работы заключается в получении данных по антибактериальной устойчивости этиологически значимых изолятов клостридий, о структуре штаммов, выделенных от крупного рогатого скота, токсигенных и патогенных свойствах. Полученные сведения будут способствовать совершенствованию системы контроля за клостридиальными инфекциями крупного рогатого скота, что, в свою очередь, снизит экономические потери животноводства.

Целью работы стало проведение мониторинговых исследований по выявлению клостридий, а также оценка уровня антимикробной резистентности изолятов *Clostridium perfringens*, полученных от крупного рогатого скота из различных регионов России, изучение их токсигенных и патогенных свойств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2022–2024 гг. на базе лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. П. Коваленко Российской академии наук» в рамках государственного проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FGUG-2025-0003). В результате собственных исследований получены мониторинговые данные и выполнена практическая часть. Секционный и патолого-анатомический материалы, отобранные от крупного рогатого скота, поступили из различных регионов России: Нижегородской, Московской, Ленинградской, Рязанской, Новосибирской, Пензенской областей, Республики Мордовии.

Биоматериал. Всего было исследовано 359 образцов (печень, сердце, селезенка, легкое, почка, мышца, тонкий и толстый кишечник, желудок, срез с копыта, околоплодные воды и др.).

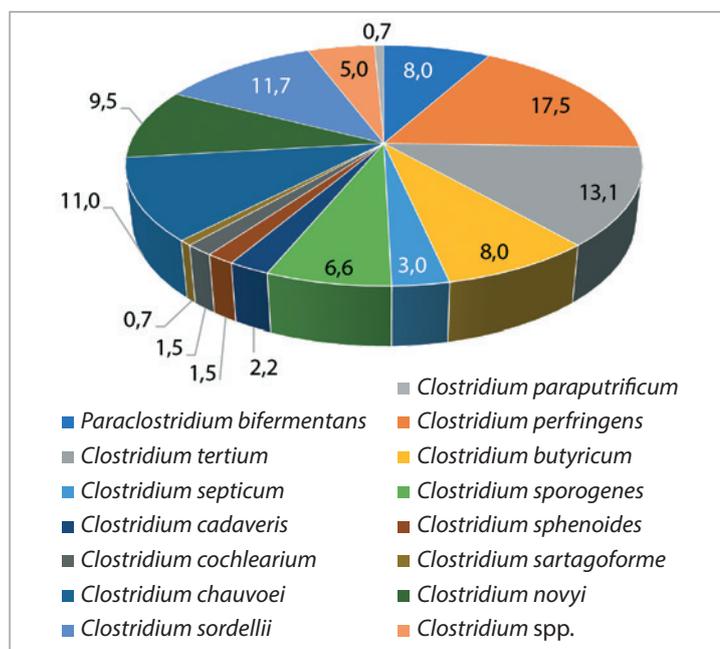


Рис. 1. Видовое разнообразие изолятов клостридий, циркулирующих на территории Российской Федерации (n = 137), %

Fig. 1. Species diversity of *Clostridium* isolates circulating in the Russian Federation (n = 137), %

Выделение изолятов, определение патогенных и токсигенных свойств. Исследование, целью которого было выделение изолятов микроорганизмов, этиологически наиболее значимых для промышленного животноводства, а именно семейства *Clostridiaceae* (клостридии), реализовано согласно ГОСТ 26503-85 «Животные сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики клостридиозов»¹.

Идентификация клостридий. Видовую идентификацию микроорганизмов выполняли методом масс-спектрометрии с использованием системы MALDI Biotyper (Bruker Daltonik GmbH, Германия) согласно «Методическим указаниям по идентификации микроорганизмов с применением масс-спектрометра MALDI Biotyper при исследовании продовольственного сырья и пищевых продуктов» (одобрены НТС Россельхознадзора от 03.04.2014).

Определение антибактериальной резистентности культур микроорганизмов проводили диско-диффузионным методом в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам»². В ходе реализации научной работы были использованы антибактериальные препараты различных групп (HiMedia Laboratories Pvt Ltd., Индия): макролиды (азитромицин 15 мг, кларитромицин 15 мг, пристиномицин 15 мг, спирамицин 30 мг, тилозин 15 мг, эритромицин 15 мг), монобактамы (азтреонам 30 мг), пенициллины (амоксиклав 30 мг, амоксициллин 25 мг, ампициллин 25 мг, бензилпенициллин 10 мг, карбенициллин 100 мг, пиперациллин 100 мг), полипептиды (бацитрацин 10 мг, полимиксин-В 50 мг), хлорамфеникол 30 мг, гликопептиды (ванкомицин 30 мг), аминогликозиды (гентамицин 30 мг, канамицин 30 мг, спектиномицин

100 мг, стрептомицин 25 мг), карбапенемы (дорипенем 10 мг), линкозамиды (клиндамицин 2 мг, линкомицин 10 мг), фторхинолоны (левофлоксацин 5 мг, норфлоксацин 10 мг, офлоксацин 5 мг, пефлоксацин 5 мг, цiproфлоксацин 30 мг, энрофлоксацин 10 мг), тетрациклины (окситетрациклин 30 мг, тетрациклин 30 мг, хлортетрациклин 30 мг, доксициклин 30 мг), ансамицины (рифампицин 15 мг), сульфаниламиды (сульфадиазин 100 мг, сульфафуразол 300 мг), диаминопиримидины (триметоприм 25 мг), цефалоспорины (цефиксим 5 мг, цефазолин 30 мг, цефаклор 30 мг, цефалексин 30 мг, цефотаксим 30 мг, цефепим 30 мг, цефоперазон 75 мг, цефпиром 30 мг, цефтриаксон 30 мг), производные фосфомойной кислоты (фосфомицин 50 мг), фузидины (фузидиевая кислота 30 мг).

Интерпретацию результатов проводили в соответствии с рекомендациями CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) и EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) [20, 21].

Статистическая обработка результатов велась с использованием Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований выделено и идентифицировано 137 изолятов следующих клостридий: *Paraclostridium bifermentans*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium septicum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium cadaveris*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium sartagoforme*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium novyi*, *Clostridium sordellii*, *Clostridium parapatrificum*, *Clostridium spp.*

Установлено видовое разнообразие изолятов клостридий, циркулирующих на территории Российской Федерации, которое представлено на рисунке 1.

Выявлено превалирование *C. perfringens* – 17,5%, далее по убыванию распространения имеют *C. tertium* – 13,1%, *C. sordellii* – 11,7%, *C. chauvoei* – 11,0%, *C. novyi* – 9,5%, *P. bifermentans* и *C. butyricum* – 8,0%, *C. sporogenes* – 6,6%, *Clostridium spp.* – 5,0%, *C. septicum* – 3,0%, *C. cadaveris* – 2,2%, *C. sphenoides* и *C. cochlearium* – по 1,5%, наименьшую долю составляют изоляты *C. sartagoforme* и *C. parapatrificum* – 0,7%.

Результаты определения антибиотикорезистентности изолятов *C. perfringens* (n = 24), выделенных от крупного рогатого скота из различных регионов Российской Федерации, представлены на рисунке 2.

Согласно полученным данным, можно утверждать, что изоляты *C. perfringens* (n = 24) резистентны к цефиксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину. Антибиотикорезистентность к ампициллину составила 85%, к амоксициллину, хлортетрациклину, ванкомицину, рифампицину и цiproфлоксацину – 80%, к тилозину и амоксиклаву – 75%, к сульфадиазину, цефалексину, офлоксацину и полимиксину-В – 60%, к пефлоксацину и цефоперазону – 55%, к бензилпенициллину, клиндамицину, цефтриаксону и хлорамфениколу – 50%, к энрофлоксацину, цефазолину, тетрациклину и стрептомицину – 45% изолятов. 40% изолятов *C. perfringens* имели устойчивость к бацитрацину, норфлоксацину, фосфомицину, 35% изолятов – к левофлоксацину, линкомицину, окситетрациклину, 25% изолятов – к эритромицину, спирамицину и гентамицину, 20% изолятов – к азитромицину,

¹ <https://base.garant.ru/5916932>

² <https://docs.cntd.ru/document/1200038583>

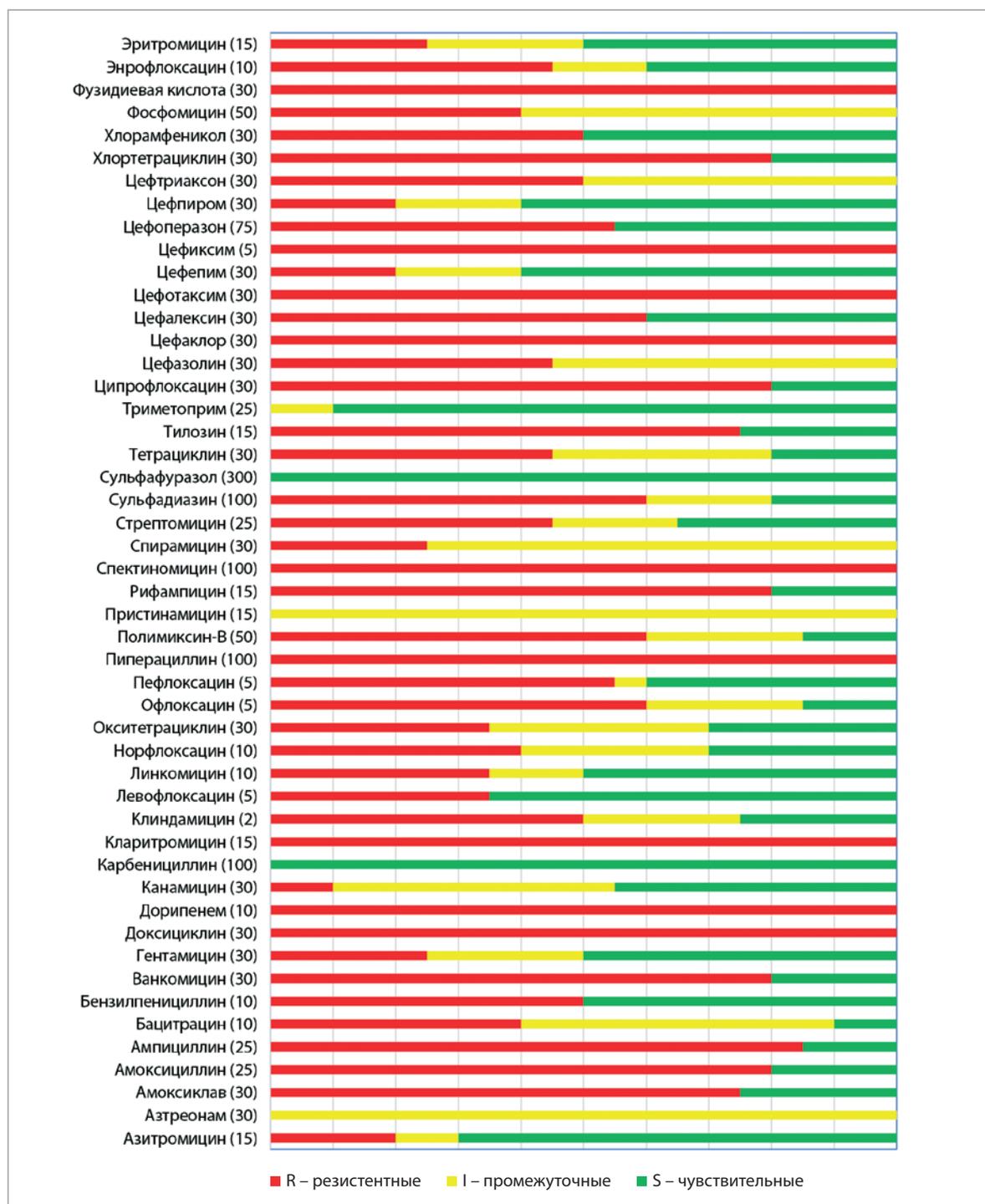


Рис. 2. Антибактериальная устойчивость изолятов *C. perfringens* (n = 24), полученных от крупного рогатого скота
 Fig. 2. Antibiotic resistance of *C. perfringens* isolates (n = 24) recovered from cattle

цефепиму, цефпирому. К сульфафуразолу и карбенициллину были чувствительны все исследуемые изоляты *C. perfringens* (100%), к триметоприму – 90%, к азитромицину – 70%, а к левофлоксацину – 65%, к канамицину – 45% изолятов. Промежуточной чувствительностью к азтреонаму и пристинамицину обладали все исследуемые штаммы, к спирамицину – 75%, к фосфомицину – 60%, к цефазолину – 55%, к канамицину – 45% изолятов.

Среди 137 выделенных изолятов клостридий у 25 установлены патогенные свойства и у 17 – токсигенные. Полученные данные представлены графически в процентах на рисунках 3 и 4.

Патогенными свойствами в большинстве случаев обладали изоляты *C. perfringens* (6,6%). Наличие факторов патогенности выявлено у 5,1% штаммов *C. novyi*, у 4,4% изолятов *C. chauvoei*, у 1,5% штаммов *C. septicum* и у 0,7% изолятов *Clostridium* spp. Токсигенные свойства установлены у *C. sordellii* (3,7%), *C. perfringens* (3,7%), *C. novyi* (3,0%), *C. septicum* (1,5%) и *Clostridium* spp. (0,7%).

Места локализации клостридий в организме крупного рогатого скота представлены в таблице.

Согласно приведенным данным, чаще всего клостридии выделяли из печени, тонкого и толстого отделов кишечника, а также мышц.

Таблица
Места локализации клостридий в организме крупного рогатого скота

Table
Localization of *Clostridia* in cattle

Вид клостридий	Наименование биоматериала										
	Сердце	Печень	Селезенка	Легкое	Почка	Мышца	Тонкий кишечник	Толстый кишечник	Желудок	Срез с копыт	Околоплодные воды
<i>Paraclostridium bifementans</i>	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
<i>Clostridium tertium</i>	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium perfringens</i>	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Clostridium butyricum</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Clostridium cochlearium</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium sartagoforme</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium septicum</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Clostridium sporogenes</i>	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium sphenoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Clostridium chauvoei</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Clostridium novyi</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium sordellii</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium paraputrificum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clostridium</i> spp.	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Clostridium cadaveris</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-

Клостридии являются широко распространенными микроорганизмами, вызывающими заболевания у животных, птиц и людей. Устойчивость к противомикробным препаратам является серьезной проблемой в ветеринарии ввиду того, что 80% всех антибиотиков в мире применяется в сельском хозяйстве, в том числе в качестве кормовых добавок и стимуляторов роста. Полученные при проведении настоящего исследования результаты по антимикробной резистентности к цефотаксиму согласуются с данными Н. А. Безбородовой и соавт. [7], Н. А. Ahmed et al. [22]. В работе, проведенной иранскими исследователями F. Khademi et al., отмечена устойчивость *C. perfringens* к ампициллину (25,8%), эритромицину (32,9%), гентамицину (45,4%), тетрациклину (19,5%), амоксициллину (19,3%), бацитрацину (89,1%) [23]. Группа ученых из Китая и Пакистана исследовала 11 наиболее часто используемых антибиотиков, 2 из них не оказывали ингибирующего воздействия, 5 – были эффективны, а 4 – обладали умеренной активностью против *C. perfringens*. Линкомицин и амикацин не ингибировали изоляты, тетрациклин, пенициллин, эритромицин и окситетрациклин в меньшей степени подавляли рост клостридий. Ученые пришли к выводу о целесообразности использования нескольких видов антибиотиков, что является более эффективным подходом для подавления бактериальной инфекции [24]. Исследователи из Кот-д'Ивуара в своей работе определили, что уровень антибиотикорезистентности

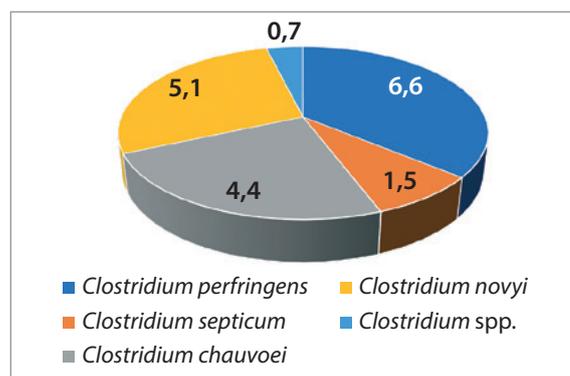


Рис. 3. Видовой состав изолятов клостридий, обладающих патогенными свойствами, %

Fig. 3. Species composition of *Clostridium* isolates with pathogenic properties, %

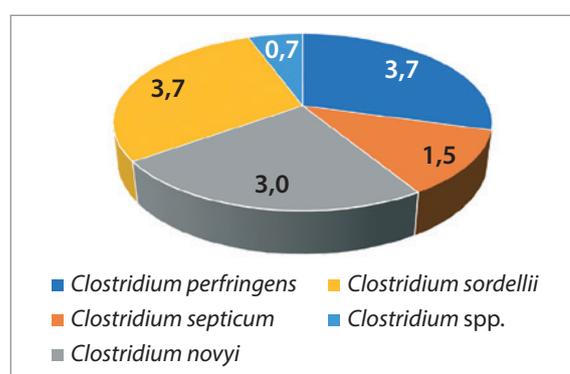


Рис. 4. Видовой состав изолятов клостридий, обладающих токсигенными свойствами, %

Fig. 4. Species composition of *Clostridium* isolates with toxic properties, %

у *C. perfringens* к тетрациклину, доксициклину, хлорамфениколу, эритромицину составляет от 20 до 50% [25]. Группа ученых из Южной Кореи при изучении степени распространенности и устойчивости *C. perfringens* к антибиотикам установила, что резистентность к тетрациклину составила 100%, к ампициллину – 31,6%, к хлорамфениколу – 68,4%, к метронидазолу – 34,2%, к имипенему – 71%. Также авторы исследования отмечают важный момент комбинированной устойчивости 78,9% изолятов к нескольким антимикробным препаратам [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований секционного и патматериала от крупного рогатого скота в 2022–2024 гг. выделено 137 изолятов клостридий, из них у 25 установлены патогенные свойства, а у 17 – токсигенные. Наиболее частыми местами локализации клостридий были печень, толстый и тонкий отделы кишечника, мышцы, желудок. Также бактерии обнаруживали в почках, селезенке, околоплодных водах и смывах с копыт.

При проведении мониторинговых исследований по определению антимикробной резистентности изолятов *C. perfringens* выявлена устойчивость к цефаксиму, фузидиевой кислоте, цефотаксиму, цефаклору, спектиномицину, пиперациллину, кларитромицину, дорипенему, доксициклину.

Результаты данного исследования могут быть использованы для модификации существующих протоколов лечения клостридиальных инфекций, корректировки состава иммунобиологических препаратов, разработки рекомендаций по использованию антибиотиков в животноводстве для снижения рисков развития антимикробной резистентности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Капустин А. В., Алипер Т. И. Эпизоотология и профилактика клостридиозов крупного рогатого скота. *Единый мир – единое здоровье: материалы VII Международного ветеринарного конгресса (Уфа, 19–21 апреля 2017 г.)*. Уфа: Российская ветеринарная ассоциация; 2017; 106–108. <https://elibrary.ru/zarmnr>
- Судоргина Т. Е., Глотова Т. И., Нefeldchenko A. B., Koteneva S. B., Velker D. A., Glotov A. G. Частота выделения бактерий *Clostridium* spp. и их ассоциаций при различных формах клостридиоза крупного рогатого скота. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2024; 54 (3): 55–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-6>
- Salvarani F. M., Vieira E. V. Clostridial infections in cattle: a comprehensive review with emphasis on current data gaps in Brazil. *Animals*. 2024; 14 (20):2919. <https://doi.org/10.3390/ani14202919>
- Robi D. T., Mossie T., Temteme S. A comprehensive review of the common bacterial infections in dairy calves and advanced strategies for health management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2024; 15: 1–14. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s452925>
- Santos B. L., Ladeira S. R. L., Riet-Correa F., Soares M. P., Marcolongo-Pereira C., Sallis E. S. V., et al. Clostridial diseases diagnosed in cattle from the South of Rio Grande do Sul, Brazil. A forty-year survey (1978–2018) and a brief review of the literature. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2019; 39 (7): 435–446. <http://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6333>
- Popoff M. R., Bouvet P. Clostridial toxins. *Future Microbiology*. 2009; 4 (8): 1021–1064. <https://doi.org/10.2217/fmb.09.72>
- Безбородова Н. А., Соколова О. В., Кожуховская В. В., Томских О. Г., Печура Е. В., Суздальцева М. А. Патогенные виды клостридий и их устойчивость к антибиотикам, факторы вирулентности и геномные особенности. *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023; (3): 39–51. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-39-51>
- Глотова Т. И., Терентьева Т. Е., Глотов А. Г. Возбудители и возрастная восприимчивость крупного рогатого скота к клостридиозам. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2017; 47 (1): 90–96. <https://elibrary.ru/yklevt>
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Ivanov E. V., Danilyuk A. V. Species diversity of *Clostridia* causing malignant edema in cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548 (7):072041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072041>
- Мельцов И. В., Блохин А. А., Сухинин А. А., Батомункуев А. С., Кутцова Л. А. Эпизоотологическое расследование вспышки эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота (на примере Иркутской области). *Международный вестник ветеринарии*. 2024; (3): 84–94. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.3.84>
- Rings D. M. Clostridial disease associated with neurologic signs: tetanus, botulism, and enterotoxemia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20 (2): 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.02.006>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 2. Histotoxic and neurotoxic diseases. *In Practice*. 2020; 42 (5): 279–288. <https://doi.org/10.1136/inp.m1984>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 1. Enterotoxaemias and other alimentary tract infections. *In Practice*. 2020; 42 (4): 219–232. <https://doi.org/10.1136/inp.m1462>
- Jing W., Pilato J. L., Kay C., Feng S., Tuipulotu D. E., Mathur A., et al. *Clostridium septicum* α -toxin activates the NLRP3 inflammasome by engaging GPI-anchored proteins. *Science Immunology*. 2022; 7 (71):eabm1803. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.abm1803>
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Motorygin A. V. Emphysematous carbuncle in cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2021; (1): 149–156. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-01-20>
- Капустин А. В. Разработка вакцин против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (5): 97–102. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-05.13>
- Терентьева Т. Е., Глотова Т. И., Котенева С. В., Глотов А. Г. Видовой спектр бактерий рода *Clostridium*, выделенных от крупного рогатого скота на молочных комплексах. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2016; (1): 5–8. <https://elibrary.ru/vmdwdn>
- Козлова А. Д., Горбачева Н. С., Клименкова О. В., Лаишевцев А. И., Капустин А. В., Яцентюк С. П. Использование молекулярно-генетических методов для типирования *Clostridium perfringens*. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (3): 188–194. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-03.23>

- Скляр О. Д., Капустин А. В., Лаишевцев А. И., Гулюкин А. М. Интерференция компонентов в поливалентной вакцине против клостридиозов крупного и мелкого рогатого скота. *Российский ветеринарный журнал*. 2017; (1): 20–23. <https://elibrary.ru/xxyqvr>
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). <https://clsi.org>
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). <https://www.eucast.org>
- Ahmed H. A., El Bayomi R. M., Hamed R. I., Mohsen R. A., El-Gohary F. A., Hefny A. A., et al. Genetic relatedness, antibiotic resistance, and effect of silver nanoparticle on biofilm formation by *Clostridium perfringens* isolated from chickens, pigeons, camels, and human consumers. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (3):109. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030109>
- Khademi F., Sahebkar A. The prevalence of antibiotic-resistant *Clostridium* species in Iran: a meta-analysis. *Pathogens and Global Health*. 2019; 113 (2): 58–66. <https://doi.org/10.1080/20477724.2019.1603003>
- Khan M. U. Z., Humza M., Yang S., Iqbal M. Z., Xu X., Cai J. Evaluation and optimization of antibiotics resistance profile against *Clostridium perfringens* from buffalo and cattle in Pakistan. *Antibiotics*. 2021; 10 (1):59. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010059>
- Kouassi K. A., Dadie A. T., N'Guessan K. F., Dje K. M., Loukou Y. G. *Clostridium perfringens* and *Clostridium difficile* in cooked beef sold in Côte d'Ivoire and their antimicrobial susceptibility. *Anaerobe*. 2014; 28: 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.05.012>
- Jang Y.-S., Kim D.-H., Bae D., Kim S.-H., Kim H., Moon J.-S., et al. Prevalence, toxin-typing, and antimicrobial susceptibility of *Clostridium perfringens* from retail meats in Seoul, Korea. *Anaerobe*. 2020; 64:102235. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102235>

REFERENCES

- Kapustin A. V., Aliper T. I. Epizootologiya i profilaktika klostridiozov krupnogo rogatogo skota = Epizootology and prevention of bovine clostridial diseases. *Edinyi mir – edinoe zdorov'e: materialy VII Mezhdunarodnogo veterinarnogo kongressa (Ufa, 19–21 aprelya 2017 g.) = One World – One Health: Materials of VII International Veterinary Congress (Ufa, April 19–21, 2017)*. Moscow: Russian Veterinary Association; 2017; 106–108. <https://elibrary.ru/zarmnr> (in Russ.)
- Sudorgina T. E., Glotova T. I., Nefeldchenko A. V., Koteneva S. V., Velker D. A., Glotov A. G. The frequency of bacterial isolation of *Clostridium* spp. and their associations in various forms of clostridiosis in cattle. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2024; 54 (3): 55–62. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-3-6>
- Salvarani F. M., Vieira E. V. Clostridial infections in cattle: a comprehensive review with emphasis on current data gaps in Brazil. *Animals*. 2024; 14 (20):2919. <https://doi.org/10.3390/ani14202919>
- Robi D. T., Mossie T., Temteme S. A comprehensive review of the common bacterial infections in dairy calves and advanced strategies for health management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2024; 15: 1–14. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s452925>
- Santos B. L., Ladeira S. R. L., Riet-Correa F., Soares M. P., Marcolongo-Pereira C., Sallis E. S. V., et al. Clostridial diseases diagnosed in cattle from the South of Rio Grande do Sul, Brazil. A forty-year survey (1978–2018) and a brief review of the literature. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2019; 39 (7): 435–446. <http://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6333>
- Popoff M. R., Bouvet P. Clostridial toxins. *Future Microbiology*. 2009; 4 (8): 1021–1064. <https://doi.org/10.2217/fmb.09.72>
- Bezborodova N. A., Sokolova O. V., Kozhukhovskaya V. V., Tomskikh O. G., Pechura E. V., Suzdal'tseva M. A. Pathogenic species of *Clostridia* and their antibiotic resistance, virulence factors, and genomic features. *Innovations and Food Safety*. 2023; (3): 39–51. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-39-51> (in Russ.)
- Glotova T. I., Terentyeva T. E., Glotov A. G. Pathogens and age susceptibility of cattle to clostridiosis. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2017; 47 (1): 90–96. <https://elibrary.ru/yklevt> (in Russ.)
- Kapustin A. V., Laishevcev A. I., Ivanov E. V., Danilyuk A. V. Species diversity of *Clostridia* causing malignant edema in cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548 (7):072041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072041>
- Meltsov I. V., Blokhin A. A., Sukhinin A. A., Batomunkuyev A. S., Kutsova L. A. Epizootological investigation of an outbreak of emphysematous carbuncle in cattle (case study in the Irkutsk Region). *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2024; (3): 84–94. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.3.84> (in Russ.)
- Rings D. M. Clostridial disease associated with neurologic signs: tetanus, botulism, and enterotoxemia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20 (2): 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.02.006>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 2. Histotoxic and neurotoxic diseases. *In Practice*. 2020; 42 (5): 279–288. <https://doi.org/10.1136/inp.m1984>
- Otter A., Uzal F. A. Clostridial diseases in farm animals: 1. Enterotoxaemias and other alimentary tract infections. *In Practice*. 2020; 42 (4): 219–232. <https://doi.org/10.1136/inp.m1462>
- Jing W., Pilato J. L., Kay C., Feng S., Tuipulotu D. E., Mathur A., et al. *Clostridium septicum* α -toxin activates the NLRP3 inflammasome by engaging

GPI-anchored proteins. *Science Immunology*. 2022; 7 (71):eabm1803. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.abm1803>

15. Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Motorygin A. V. Emphysematous carbuncle in cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2021; (1): 149–156. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-01.20>

16. Kapustin A. V. Development of a vaccine against blackleg of cattle. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (5): 97–102. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-05.13> (in Russ.)

17. Terentjeva T. E., Glotova T. I., Koteneva S. V., Glotov A. G. Species spectrum of bacteria of genus *Clostridium* isolated from cattle on big dairy farms. *Russian Veterinary Journal. Productive Animals*. 2016; (1): 5–8. <https://elibrary.ru/vmdwdn> (in Russ.)

18. Kozlova A. D., Gorbacheva N. S., Klimenkova O. V., Laishevtsev A. I., Kapustin A. V., Yatsentyuk S. P. The use of molecular genetic techniques for the typing of *Clostridium perfringens*. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (3): 188–194. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-03.23> (in Russ.)

19. Sklyarov O. D., Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Gulyukin A. M. Interference of components in a polyvalent vaccine against clostridiosis of cattle and small cattle. *Russian Veterinary Journal*. 2017; (1): 20–23. <https://elibrary.ru/xyqvr> (in Russ.)

20. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). <https://clsi.org>

21. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). <https://www.eucast.org>

22. Ahmed H. A., El Bayomy R. M., Hamed R. I., Mohsen R. A., El-Gohary F. A., Hefny A. A., et al. Genetic relatedness, antibiotic resistance, and effect of silver nanoparticle on biofilm formation by *Clostridium perfringens* isolated from chickens, pigeons, camels, and human consumers. *Veterinary Sciences*. 2022; 9 (3):109. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030109>

23. Khademi F., Sahebkar A. The prevalence of antibiotic-resistant *Clostridium* species in Iran: a meta-analysis. *Pathogens and Global Health*. 2019; 113 (2): 58–66. <https://doi.org/10.1080/20477724.2019.1603003>

24. Khan M. U. Z., Humza M., Yang S., Iqbal M. Z., Xu X., Cai J. Evaluation and optimization of antibiotics resistance profile against *Clostridium perfringens* from buffalo and cattle in Pakistan. *Antibiotics*. 2021; 10 (1):59. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010059>

25. Kouassi K. A., Dadie A. T., N'Guessan K. F., Dje K. M., Loukou Y. G. *Clostridium perfringens* and *Clostridium difficile* in cooked beef sold in Côte d'Ivoire and their antimicrobial susceptibility. *Anaerobe*. 2014; 28: 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.05.012>

26. Jang Y.-S., Kim D.-H., Bae D., Kim S.-H., Kim H., Moon J.-S., et al. Prevalence, toxin-typing, and antimicrobial susceptibility of *Clostridium perfringens* from retail meats in Seoul, Korea. *Anaerobe*. 2020; 64:102235. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102235>

Поступила в редакцию / Received 10.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 20.02.2025

Принята к публикации / Accepted 24.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Лаишевцев Алексей Иванович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Мандрыка Екатерина Дмитриевна, микробиолог лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-6941-9499>, mandryka.ekaterina@yandex.ru

Фабрикантова Елизавета Алексеевна, микробиолог лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-4465-8640>, el@novokchenova.ru

Супова Анастасия Владимировна, научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0728-538X>, supova.nastya@yandex.ru

Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Vasily A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Aleksey I. Laishevtsev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Acting Head, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Ekaterina D. Mandryka, Microbiologist, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-6941-9499>, mandryka.ekaterina@yandex.ru

Elizaveta A. Fabrikantova, Microbiologist, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-4465-8640>, el@novokchenova.ru

Anastasia V. Supova, Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0728-538X>, supova.nastya@yandex.ru

Вклад авторов: Шастин П. Н. – подбор и анализ источников по теме, анализ экспериментальных и лабораторных исследований, написание текста статьи; Савинов В. А. – подбор и анализ источников по теме; Лаишевцев А. И. – редактирование текста статьи, формальный анализ, формулировка выводов; Мандрыка Е. Д. и Фабрикантова Е. А. – проведение микробиологических исследований, сбор и систематизация данных; Супова А. В. – проведение микробиологических исследований, обобщение и интерпретация результатов исследования.

Contribution of the authors: Shastin P. N. – source selection and analysis, experimental and laboratory data analysis, paper writing; Savinov V. A. – source selection and analysis; Laishevtsev A. I. – paper editing, formal analysis, drawing conclusions; Mandryka E. D. and Fabrikantova E. A. – microbiological tests, data accumulation and systematization; Supova A. V. – microbiological tests, test result compilation and interpretation.



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-201-209>
УДК 619:615.9:63-021.66

Анализ выявлений микотоксинов по данным информационной системы RASFF за период с 2020 по 2022 г.

С. С. Ибрагимова¹, О. В. Прунтова², Н. Б. Шадрова², Т. В. Жбанова²

¹ Крымская испытательная лаборатория ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (КрымИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ»), ул. Шоссейная, 21а, г. Симферополь, 295494, Республика Крым, Россия

² ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Микотоксины – вторичные метаболиты плесневых грибов, являются контаминантами, подлежат контролю. Согласно принятой классификации, по требованиям Директивы Совета Европейского союза 96/23ЕС, относятся к группе В3: «Прочие вещества и загрязнители окружающей среды». Информация о выявлении превышения предельно допустимых концентраций в кормах и пищевых продуктах вносится в информационную систему RASFF и ACN, функционирующую на территории стран Европейского союза.

Цель исследования. Анализ сведений о контаминации микотоксинами пищевой продукции и кормов за период с 2020 по 2022 г., зарегистрированных в информационной системе RASFF и ACN.

Материалы и методы. Объектом анализа были 1335 сообщений о превышении предельно допустимых концентраций микотоксинов (афлатоксинов, охратоксина А, дезоксиниваленола, зеараленона и патулина) в пищевых продуктах и кормах.

Результаты. Распределение случаев выявления микотоксинов в анализируемый период: афлатоксины – 87,1%, охратоксин А – 11,6%, патулин – 0,6%, дезоксиниваленол – 0,5%, зеараленол – 0,2%. Превышение предельно допустимой концентрации афлатоксинов чаще всего обнаруживали в арахисе (764 сообщения), охратоксина А – в сушеном инжире (43 сообщения), патулина – в яблочном соке (6 сообщений), зеараленона и дезоксиниваленола – в продукции из категории «крупы и хлебобулочные изделия». В кормах и кормовом сырье были выявлены несоответствия по содержанию исключительно афлатоксинов (33 сообщения), которые в 66,7% случаев обнаруживали в арахисе, предназначенном для кормовых целей. Анализ динамики контаминации продукции микотоксинами показал, что в 2021 и 2022 гг. наблюдали рост количества регистрируемых сообщений об их детекции.

Заключение. Согласно отчетам RASFF и ACN за 2020–2022 гг., микотоксины представляли третью по распространенности категорию опасности. Нарушение законодательства в части превышения предельно допустимых концентраций микотоксинов выявлено исключительно в продукции растительного происхождения.

Ключевые слова: микотоксины, афлатоксины, охратоксин, патулин, дезоксиниваленол, зеараленол, система RASFF, Европейский союз, сельскохозяйственные продукты, продукты животного происхождения, корма, контаминация, превышение предельно допустимых концентраций

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

Для цитирования: Ибрагимова С. С., Прунтова О. В., Шадрова Н. Б., Жбанова Т. В. Анализ выявлений микотоксинов по данным информационной системы RASFF за период с 2020 по 2022 г. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 201–209. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-201-209>

Конфликт интересов: Прунтова О. В. является членом редколлегии журнала «Ветеринария сегодня» с 2012 г., 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: Ибрагимова Селиме Серверовна, ведущий ветеринарный врач отдела микробиологических исследований КрымИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ», ул. Шоссейная, 21а, г. Симферополь, 295494, Республика Крым, Россия, ibragimova@arriah.ru

Analysis of RASFF notifications for mycotoxins in 2020–2022

Selime S. Ibragimova¹, Olga V. Pruntova², Natalya B. Shadrova², Tatyana V. Zhanova²

¹ Crimean Testing Laboratory of Federal Centre for Animal Health, 21a Shosseyaya str., Simferopol 295494, Republic of Crimea, Russia

² Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

ABSTRACT

Introduction. Mycotoxins are secondary metabolites of various fungi. The contamination with mycotoxins is subject to control. Pursuant to the accepted classification in accordance with Council Directive 96/23/EC they belong to group B3: “Other substances and environmental contaminants”. Information on detected exceedances of maximum permitted levels in feed and food is notified to the RASFF and ACN information systems, which operate across the European Union.

Objective. Analysis of RASFF and ACN notifications for mycotoxins in food and feed in 2020–2022.

Materials and methods. 1,335 publications on exceedances of maximum permitted levels of mycotoxins (aflatoxins, ochratoxin A, deoxynivalenol, zearalenone and patulin) in food and feed have been analysed.

Results. Breakdown of mycotoxin notifications during the analyzed period was as follows: aflatoxins – 87.1%, ochratoxin A – 11.6%, patulin – 0.6%, deoxynivalenol – 0.5%, zearalenone – 0.2%. Aflatoxin contaminations were most often reported in groundnuts (764 notifications), ochratoxin A in dried figs (43 notifications), patulin in apple juice (6 notifications), zearalenone and deoxynivalenol in cereals and bakery products. Feedstuffs and feed ingredients were found to be contaminated only with aflatoxins (33 notifications), and 66.7% of notifications accounted for groundnuts intended for feeding. An analysis of mycotoxin contamination dynamics demonstrated that there was an increase in the number of notifications in 2021 and 2022.

Conclusion. According to RASFF and ACN notifications, mycotoxins were the third most notified hazard category in 2020–2022. Elevated mycotoxin concentrations were detected exclusively in plant products.

Keywords: mycotoxins, aflatoxins, ochratoxin, patulin, deoxynivalenol, zearalenone, RASFF system, European Union, agricultural products, animal products, feed, contamination, exceeding maximum levels

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

For citation: Ibragimova S. S., Pruntova O. V., Shadrova N. B., Zhanova T. V. Analysis of RASFF notifications for mycotoxins in 2020–2022. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 201–209. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-201-209>

Conflict of interests: Pruntova O. V. is a member of the editorial board of the “Veterinary Science Today” journal since 2012, 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: Selime S. Ibragimova, Leading Veterinarian, Microbiological Testing Unit, Crimean Testing Laboratory of Federal Center for Animal Health, 21a Shosseyayna str., Simferopol 295494, Republic of Crimea, Russia, ibragimova@arriah.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно более 400 видов микотоксинов, которые продуцируют плесневые грибы, относящиеся к родам *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps*, *Neotyphodium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium* и др. [1, 2, 3, 4, 5].

Согласно отечественным и зарубежным литературным источникам, в кормах и продукции растениеводства отмечается высокая загрязненность микромицетами (до 80–100%), в том числе токсинообразующими (до 40–60%), и в 21% случаев выделяют микотоксины в опасных для здоровья животных и человека концентрациях. Проблема контаминации кормов и пищевых продуктов микромицетами плесневых грибов и их метаболитами распространена повсеместно и не имеет географических границ. Степень загрязненности зависит от условий внешней среды (температуры и влажности), соблюдения правил агротехнологий, устойчивости растений к фитопатогенам [6, 7, 8, 9, 10, 11].

Скармливание животным кормов, загрязненных микотоксинами, приводит к развитию обширной группы заболеваний неинфекционного происхождения – алиментарным микотоксикозам. Клинические признаки и симптомы зависят от множества факторов: вида микотоксина, количества и продолжительности поступления в организм, общего состояния и иммунного статуса организма. Классифицируют микотоксикозы по виду токсина или грибка-продуцента: фузариотоксикозы, афлатоксикозы, охратоксикозы, патулинотоксикозы, стахиботриотоксикозы и др. В зависимости от вида сельскохозяйственных животных и птиц, возраста, физиологического состояния отмечают вариabельность чувствительности к действию различных видов микотоксинов. Например, наиболее восприимчивыми к афлатоксинам являются поросята до 3-месячного возраста, супоросные свиноматки, телята, откормочные свиньи, взрослый крупный рогатый скот и овцы. Среди домашней птицы высокой чувствительностью обладают индюшата, утята и гусята. К охратоксинам восприимчивы свиньи и сельскохозяйственная птица. К действию стахиботриотоксина чувствительны не только лошади, но и крупный рогатый скот; фузариотоксинов и фумонизинов – лошади, свиньи, птица; патулина – свиньи и крупный рогатый скот [1, 12, 13, 14, 15, 16].

В Российской Федерации, согласно данным обширного мониторинга за десятилетний период ежегодных микотоксикологических испытаний полнорационных

комбикормов для свиней и домашней птицы, представленным хозяйствами и перерабатывающими предприятиями, расположенными в Северо-Западном, Центральном, Южном, Приволжском и Уральском федеральных округах, были выявлены: Т-2 токсин, диациетоксисцирпенол, дезоксиниваленол, зearаленон, фумонизины группы В, альтернариол, охратоксин А, цитринин, афлатоксин В₁, стеригматоцистин, циклопизоновая кислота, микофеноловая кислота, эргоалкалоиды и эмодин. Полученные результаты подтвердили актуальность систематического контроля контаминации микотоксинами [17].

Научные данные австрийской компании BIOMIN, полученные при исследовании 6844 образцов сельскохозяйственной продукции, показали, что в мире преобладающими микотоксинами являются дезоксиниваленол (66%), фумонизины (56%) и зearаленон (53%) [18].

Согласно литературным источникам, среди нескольких сотен известных микотоксинов наиболее распространены и опасны для здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных афлатоксин, Т-2 токсин, охратоксин А, патулин, фумонизины, зearаленон и дезоксиниваленол [19, 20, 21, 22].

Афлатоксины при поступлении в организм оказывают выраженное гепатотоксическое, тератогенное, цитотоксическое воздействие. Токсический эффект усиливается при наличии в корме Т-2 токсина или охратоксина, а также при относительно низких уровнях содержания сырого протеина, метионина и витамина D₃. Из охратоксинов наиболее опасен охратоксин А, который подавляет синтез протеинов и нарушает метаболизм углеводов за счет ингибирования активности специфического фермента, инициирующего синтез протеинов [23, 24, 25, 26, 27, 28].

Широко распространенными в мире фузариотоксинами являются дезоксиниваленол (ДОН, vomitoxin) и зearаленон. ДОН чаще всего обнаруживают в пшенице, реже – в кукурузе, ячмене, ржи, овсе и продуктах переработки зерна. Зearаленон отличается от других микотоксинов наличием гормоноподобных свойств и отсутствием острого токсического действия, приводящего к летальному исходу, являющегося утеротрофным и эстрогенным веществом, вызывающим гиперэстрогенизм у свиней, бесплодие и отставание в развитии у крупного рогатого скота и птицы [29, 30, 31, 32, 33].

Патулин обычно обнаруживают в подгнивших фруктах, ягодах и овощах, он обладает мутагенным

и нейротоксическим эффектом, оказывает нефротоксическое и иммунотоксическое действие, может вызывать симптомы поражения желудочно-кишечного тракта [1, 34].

Географически наибольшее распространение афлатоксинов отмечают в регионах с тропическим климатом (Африка и Юго-Восточная Азия); охратоксинов – в регионах с прохладным влажным климатом (Северная Европа), фузариотоксины и зеараленон распространены повсеместно, в том числе и на территории Российской Федерации [1, 13].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), до 30% продовольственных и кормовых культур загрязнены микотоксинами. Сообщения отечественных и зарубежных источников информации подтверждают, что микотоксикозы существенно влияют на снижение продуктивности и уровень воспроизводства сельскохозяйственных животных, в результате чего животноводство несет существенные экономические потери. Кроме того, продуцируемые плесневыми грибами токсичные вещества представляют серьезную опасность для здоровья потребителей сельхозпродукции. В связи с этим вопросы, посвященные выявлению микотоксинов в сельскохозяйственной и пищевой продукции, являются актуальными [1, 6, 33, 34, 35, 36].

В Российской Федерации предельно допустимые уровни содержания микотоксинов в сельскохозяйственной и пищевой продукции регламентируются техническими регламентами Таможенного союза, а именно: ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». Кроме того, микотоксины включены в перечень показателей при проведении мониторинговых исследований, которые с 2007 г. ежегодно организует и проводит Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) [37].

Новизна данной работы состоит в анализе и интерпретации сведений об уровне загрязненности микотоксинами пищевой продукции и кормов в европейских странах.

Целью исследования является анализ информации о контаминации микотоксинами пищевой продукции и кормов в странах Европейского союза (ЕС) на основании данных информационной системы RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) за период с 2020 по 2022 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом анализа были выбраны уведомления информационной системы RASFF за 2020–2022 гг. о выявлении микотоксинов (афлатоксинов, охратоксина А, дезоксиниваленола, зеараленона и патулина) в пищевых продуктах и кормах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Система быстрого оповещения о качестве пищевых продуктов и кормов (RASFF). Единая правовая основа в части безопасности сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и кормов в ЕС базируется на регламентах № 178/2002 и № 882/2004 [38, 39].

Регламент № 178/2002 устанавливает общие принципы и требования к качеству и безопасности сельскохозяйственной продукции и продовольственного

сырья, охватывая все этапы производства и переработки. Кроме того, документ регламентирует и определяет полномочия Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA) и внедряет систему RASFF в ЕС. В Регламенте № 882/2004 сформулированы общие принципы официального контроля, осуществляемого с целью обеспечения соблюдения законодательства в отношении кормов и пищевых продуктов [40, 41, 42, 43].

Система RASFF является ключевым инструментом оперативного обмена информацией о случаях выявления пищевой продукции, продовольственного сырья и кормов, представляющих опасность для жизни и здоровья человека и животных. Эта система была создана в 1979 г. и имела заключенную в Директиве по безопасности продуктов правовую основу. Корма официально не попадали под действие системы. С 28 января 2002 г. законодательной базой, на основании которой RASFF регламентирует свою работу, является статья 50 Регламента № 178/2002 Европейского парламента и Совета, которая охватывает все этапы производства и переработки пищевых продуктов в рамках пищевой цепочки «от фермы до тарелки», в том числе корма и кормовое сырье [39, 40, 44].

В 2020 г. были установлены показатели опасности для включения в уведомления о несоответствии кормов по категориям кормовой продукции по странам происхождения и по странам-уведомителям. С марта 2021 г. RASFF совместно с Сетью административной помощи и сотрудничества (AAC) и Сетью по борьбе с агропродовольственным мошенничеством (FFN) образуют единую Сеть оповещения и сотрудничества (ACN), которая учреждена согласно Постановлению IMSOC 2019/1715 «О системе управления информацией для официального контроля». Система оповещения ACN объединяет три сети (RASFF, AAC и FFN), обеспечивая беспрепятственный обмен информацией между компетентными органами государств-членов и способствуя сотрудничеству между ними [45].

Уведомления в системе RASFF связаны с контролем продукции на внешних границах ЕС, в пунктах въезда или пограничных инспекционных постах, и с проверками со стороны контролирующих органов или в результате инцидентов с пищевыми отравлениями. Во всех государствах – членах RASFF и Европейской комиссии созданы контактные пункты, между которыми происходит обмен информацией [38, 45, 46, 47].

Страна – член RASFF, на территории которой произошло выявление, вносит в информационную систему данные о существовании серьезного прямого или косвенного риска. После получения уведомления другие страны-члены могут отследить, есть ли данная продукция на их рынке. Далее они отчитываются о том, что было выявлено на их территории, какие меры приняты для обеспечения прозрачности и взаимного информирования. Уведомления касаются и контроля на границах, в пунктах въезда или на пограничных досмотровых постах, когда груз не был принят к импорту [45, 46, 47].

На внутреннем рынке стран-членов при обнаружении несоответствий, входящих в компетенцию национальных органов по контролю за продуктами питания и кормами, предпринимаются меры, необходимые для немедленного устранения и предотвращения повторного возникновения аналогичного риска. Через RASFF

Таблица

Динамика выявления микотоксинов в период с 2020 по 2022 г. согласно информации RASFF и ACN

Table

Mycotoxin detection dynamics in 2020–2022 according to RASFF and ACN

Наименование микотоксина	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Общее количество уведомлений
	количество	%*	количество	%*	количество	%*	
Афлатоксины	343	87,0	387	88,8	413	85,7	1143
Охратоксин А	41	10,4	46	10,5	65	13,5	152
ДОН	6	1,5	1	0,2	0	0	7
Зеараленон	1	0,3	0	0	1	0,2	2
Патулин	3	0,8	2	0,5	3	0,6	8
Итого	394	100	436	100	482	100	1312

* % от общего числа выявлений за год (% of the total number of detections for the year).

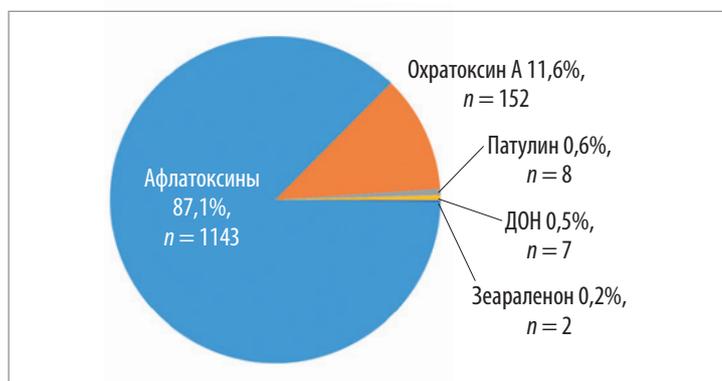


Рис. 1. Виды микотоксинов и частота их выявления в образцах продукции растительного происхождения в период с 2020 по 2022 г.

Fig. 1. Types of mycotoxins and rates of their detection in plant product samples in 2020–2022

осуществляется ряд действий, о которых сообщается в отчете: изъятие или отзыв продукции и ее возможное уничтожение, доведение информации до сведения общественности и др. [45, 46].

Уведомления о контаминации микотоксинами (афлатоксины, охратоксин А, патулин, ДОН, зеараленон) за период с 2020 по 2022 г. из стран ЕС. Согласно годовым докладам RASFF и ACN, микотоксины представляют третью по распространенности категорию опасности, уступая по количеству сообщений данным о выявлении остаточного количества пестицидов и бактерий рода *Salmonella* [45, 46, 47].

Анализ динамики контаминации продукции микотоксинами в концентрациях, превышающих предельно допустимые уровни, согласно официальным сообщениям RASFF, показал, что в 2021 и 2022 гг. наблюдается тенденция к росту количества регистрируемых сообщений об обнаружении микотоксинов: в 2021 г. – увеличение на 6% по сравнению с 2020 г., а в 2022 г. – на 10,5% по сравнению с 2021 г. В 2020 г. было отмечено снижение количества выявлений на 23% относительно 2019 г.; согласно итоговому докладу RASFF, данный факт связывают с пандемией COVID-19 [45, 46, 47].

По данным отчетов RASFF за 2020 г. и ACN за 2021 и 2022 гг., зарегистрировано 1335 сообщений о превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) микотоксинов в пищевых продуктах и кормах. В 2020 г.

было зарегистрировано 400 уведомлений, в 2021 г. – 450, в 2022 г. – 485. Из 1335 сообщений 1312 содержат сведения о выявленных несоответствиях по показателям безопасности на наличие анализируемых в данной работе видов микотоксинов: афлатоксинов, охратоксина А, патулина, ДОН и зеараленона. Динамика обнаружения исследуемых микотоксинов в 2020–2022 гг. представлена в таблице.

Из 1312 проанализированных сообщений о выявлении фактов превышения ПДК микотоксинов 1007 были зарегистрированы при проведении пограничного контроля, 162 – в ходе официального контроля на рынке, 142 – в результате внутренних проверок, 1 уведомление было сформировано в системе RASFF после поступления жалобы потребителя по факту пищевого отравления в связи с содержанием в продукции охратоксина А [48].

Установлено, что за указанный период в системе RASFF наиболее часто регистрировали случаи обнаружения афлатоксинов (87,1%), охратоксина А (11,6%), патулина (0,6%), ДОН (0,5%), зеараленона (0,2%), информация отражена на рисунке 1. Необходимо отметить, что превышение ПДК анализируемых микотоксинов было выявлено исключительно в продукции растительного происхождения.

Выявление афлатоксинов (по данным RASFF за 2020–2022 гг.). Из 1143 уведомлений системы RASFF 97,1% составляли случаи выявления афлатоксинов в пищевой продукции и 2,9% – в кормах и кормовом сырье.

О превышении ПДК афлатоксинов продуктах питания свидетельствуют 1110 зарегистрированных сообщений в следующих категориях: «орехи, ореховые продукты и семена», «фрукты и овощи», «крупы и хлебобулочные изделия», «травы и специи», «прочие пищевые продукты / смешанные», «кондитерские изделия», «какао, какао-продукты, кофе и чай» и «мороженое и десерты».

Нарушения в категории «орехи, ореховые продукты и семена» составили 67,9% (776 уведомлений), из них 52,0% (403) были выявлены в арахисе; 27,6% (214) – в фисташках; 9,1% (71) – в фундуке; 3,6% (28) – в миндале; 2,1% (16) – в арахисовом масле; 1,2% (9) – в семенах арбуза; 1,0% (8) – в семенах дыни; по 0,5% (4) пришлось на бразильский орех и кунжут; 0,4% (3) – на миндальную муку; по 0,3% (2) несоответствий обнаружено в семенах огблоно, абрикосовых косточках, ореховой

пасте из фундука, кешью; по 0,1% (по 1) – в семенах подсолнуха, лотоса, ореховой смеси, семенах чиа, фисташковой муке, миндальной нуге, арахисовой пасте и ореховых крекерах.

В категории «фрукты и овощи» было зарегистрировано 163 уведомления (14,3%). При этом большая часть нарушений выявлена в сушеном инжире – 94,5% (154), а также сушеных финиках – 3,1% (5), шелковице – 1,8% (3), финиковом сиропе – 0,6% (1).

На категорию «крупы и хлебобулочные изделия» пришлось 7,4% уведомлений (85), из них 75,0% (64) составили несоответствия, выявленные в рисе; 4,7% (4) – в кукурузе; 3,5% (3) – в пшеничной муке; по 2,4% (2) – в гречке, просе, сухом соевом продукте, смеси проса, кукурузы и сока баобаба; по 1,2% (1) – в пшенице, рисовой муке, кукурузной муке, спельтовой муке, миндальной муке и муке из гречневой лузги (шелухи).

Об обнаружении афлатоксинов в продуктах из категории «травы и специи» за вышеуказанный период в RASFF поступило 74 уведомления (6,5%). Из них 21 сообщение (28,4%) – о нарушениях, выявленных в смеси специй; 16 (21,6%) – в мускатном орехе; 13 (17,6%) – в цельном высушенном перце чили; 10 (13,5%) – в измельченном перце чили; 5 (6,8%) – в куркуме; 4 (5,4%) – в молотом имбире; 3 (4,0%) – в порошке карри; 2 (2,7%) – в черном перце.

В категории «прочие пищевые продукты / смешанные», которая включала пасту из фундука, финиковый сироп, арахис в скорлупе, рисовую муку, пасту для начинки и украшения мороженого, было зарегистрировано всего 5 уведомлений (0,4%) – по одному на каждый вид продукта. Также всего 5 уведомлений (0,4%) были зафиксированы в категории «кондитерские изделия», из них 3 (60,0%) пришлось на конфеты с арахисом; по 1 (20,0%) – на арахисовую халву и халву с фисташками. В категориях «какао, какао-продукты, кофе и чай» (в какао-порошке) и «мороженое и десерты» (в арахисовой пасте для мороженого) было зарегистрировано по 1 сообщению (по 0,1%).

О превышении ПДК афлатоксинов в кормах и кормовом сырье было получено 33 сообщения, которые представлены в следующих категориях: «исходный материал / корма» – 25 сообщений (75,8%); «орехи, ореховые продукты и семена» (арахис) – 6 (18,2%); по 1 сообщению (3,0%) пришлось на категории «кормовые материалы» (превышение обнаружено в кукурузном глютене) и «корм для домашних животных». При этом в категории «исходный материал / корма» 16 уведомлений (64,0%) составили несоответствия в арахисе; по 2 (8,0%) – в просе и семенах подсолнечника; по 1 (4,0%) – в рисовой муке, рисовых отрубях и белке, кукурузном глютене и хлопковой муке.

Выявление охратоксина А (по данным RASFF за 2020–2022 гг.). За исследуемый период было зарегистрировано 152 сообщения о превышении допустимого уровня охратоксина А.

В образцах продуктов из категории «фрукты и овощи» выявлено 73 несоответствия (48,0%), из них 43 (58,9%) составляют превышения ПДК в сушеном инжире; 20 (27,4%) – в изюме; по 3 (4,1%) – в шелковице и финиках; по 1 (1,4%) – в финиковом сиропе, инжирном хлебе с миндалем, консервированных сливах и абрикосовых косточках.

В категории «крупы и хлебобулочные изделия» в 2020–2022 гг. было зарегистрировано 36 сообщений,

что составило 23,7% от общего числа уведомлений об обнаружении охратоксина А. Из них 44,4% (16 сообщений) было о превышении ПДК в рисе; 11,1% (4 сообщения) – в муке пшеничной; по одному сообщению касались пшеницы, овса, ржаного хлеба, ржаных хлопьев, ржаной муки, хлебцев, мюсли, сухого соевого продукта, крупы киноа, муки кукурузной, макарон ржаных цельнозерновых, овсяных хлопьев, детского питания, фруктово-овсяных батончиков, красной лебеды и булочек.

На категорию «травы и специи» пришлось 27 сообщений (17,7%), из которых 11 (40,7%) – о превышении допустимого уровня охратоксина А в мускатном орехе; 10 (37,1%) – в молотом перце; 3 (11,1%) – в измельченном корне солодки; 2 (7,4%) – в приправе чили; 1 (3,7%) – в биодобавках.

В категории «орехи, ореховые продукты и семена» были зафиксированы 5 сообщений (3,3%): 4 (80%) – о несоответствии в фисташках и 1 (20%) – в арбузных семечках.

Было зарегистрировано 4 сообщения (2,6%) о выявлении охратоксина А в финиковом сиропе (категория «прочие пищевые продукты / смешанные»), а также 4 уведомления (2,6%) о превышении ПДК в кофе растворимом (3) и в смеси кофе обжаренного и молотого (1) из категории «какао, какао-продукты, кофе и чай».

За анализируемый период в систему RASFF поступило по одному уведомлению (по 0,7%) о превышении ПДК охратоксина А в порошке экстракта астрагала (категория «диетические продукты питания, пищевые добавки и обогащенные пищевые продукты»), вине Rossa (категория «вино») и фруктовых батончиках (категория «готовые блюда и закуски»).

Выявление дезоксиниваленола и зеараленона (по данным RASFF за 2020–2022 гг.). Нарушение европейского законодательства в части превышения ПДК ДОН зарегистрировано только в категории «крупы и хлебобулочные изделия»: за анализируемый период было направлено 7 сообщений. Данный микотоксин обнаружен в зернах пшеницы и кукурузы (по 2 сообщения; по 28,6%), в муке пшеничной, лапше быстрого приготовления и панировочных сухарях (по 1 сообщению; по 14,3%). Наибольшее количество случаев выявления ДОН было в 2020 г. – 6 зарегистрированных в системе RASFF сообщений, а в 2021 г. поступило 1 уведомление. В 2020 г. в одном образце пшеницы, помимо превышения ПДК ДОН, было установлено превышение предельно допустимого уровня зеараленона. Второй случай выявления зеараленона был зарегистрирован в 2022 г., микотоксин был обнаружен в рисовых крекерах.

Выявление патулина (по данным RASFF за 2020–2022 гг.). За исследуемый период о превышении ПДК патулина поступило 8 уведомлений в две категории RASFF: «фрукты и овощи» (37,5%) и «безалкогольные напитки» (62,5%). В 75,0% случаев (6 сообщений) данный микотоксин обнаруживали в яблочном соке, по 12,5% (по 1 сообщению) пришлось на яблочный соус и натуральный яблочно-вишневый сок.

Анализ распределения выявленных микотоксинов по категориям продукции растительного происхождения и кормам согласно классификации в системе RASFF. Необходимо отметить, что в различных категориях продукции регистрировали превышения ПДК микотоксинов нескольких видов. Так, в продукции, относящейся к категории «крупы и хлебобулочные изделия», было выявлено превышение предельно допустимого уровня



Рис. 2. Процентное соотношение выявленных микотоксинов в различных категориях продукции растительного происхождения (согласно данным RASFF за период с 2020 по 2022 г.)

Fig. 2. Percentage ratio of detected mycotoxins in different plant product categories (according to RASFF for 2020–2022)

4 микотоксинов; в категории «фрукты и овощи» зафиксировано наличие 3 микотоксинов; в образцах продукции из категории «орехи, ореховые продукты и семена», «травы и специи», «прочие пищевые продукты / смешанные» и «какао, какао-продукты, кофе и чай» обнаружены 2 микотоксина. Результаты анализа распределения микотоксинов (афлатоксинов, охратоксина А, ДОН, зеараленон, патулина) по категориям продукции представлены на рисунке 2.

В образцах продукции из категории «крупы и хлебобулочные изделия» было зарегистрировано превышение ПДК афлатоксинов (85 уведомлений; 65,4%), охратоксина А (36 уведомлений; 27,7%), ДОН (7 уведомлений; 5,4%) и зеараленон (2 уведомления; 1,5%). При этом в 2022 г. в данной категории более чем вдвое увеличилось количество сообщений о выявленных несоответствиях нормативам уровня содержания афлатоксинов.

В категории «фрукты и овощи» размещены уведомления о превышении ПДК 3 видов микотоксинов: афлатоксинов – 181 сообщение (70,4%), охратоксина А – 173 (28,4%) и патулина – 3 (1,2%).

Превышение предельно допустимого уровня афлатоксинов (758 (99,3%) и 74 (73,3%) сообщений соответственно) и охратоксина А (5 (0,7%) и 27 (26,7%) сообщений соответственно) регистрировали в категориях «орехи, ореховые продукты и семена» и «травы и специи».

За указанный период поступило 5 сообщений о выявлении афлатоксинов и 4 сообщения о наличии охратоксина А в продукции из категории «прочие пищевые продукты / смешанные». В 2021 г. в RASFF было отправ-

лено 4 сообщения о превышении ПДК охратоксина А и афлатоксинов в продукции из категории «какао, какао-продукты, кофе и чай».

В таких категориях, как «кондитерские изделия», «готовые блюда и закуски», «диетические продукты питания, пищевые добавки», «мороженое и десерты», «вино» и «безалкогольные напитки», выявили несоответствия по содержанию только одного из микотоксинов.

В продукции, предназначенной для кормовых целей, относящейся к категориям «корма для домашних животных», «кормовые материалы» и «орехи, ореховые продукты и семена», было обнаружено превышение ПДК исключительно афлатоксинов.

При проведении аналитического исследования одновременная контаминация несколькими микотоксинами была отмечена в 16 случаях, сочетанное загрязнение афлатоксинами и охратоксином А зафиксировано в 14 сообщениях, по одному уведомлению касалось совместной контаминации зеараленон и ДОН, а также зеараленон и афлатоксинами.

На основании сведений, представленных в отчетах RASFF за 2020, 2021 и 2022 г., необходимо отметить тенденцию к увеличению количества сообщений о контаминации кормов и продукции растительного происхождения афлатоксинами и охратоксином А. В отношении превышения ПДК таких микотоксинов, как ДОН, зеараленон и патулин, уведомления были единичными (табл.), и их недостаточно, чтобы определить достоверные тенденции в контаминации продукции растительного происхождения и кормов. При этом анализ сообщений RASFF свидетельствует о существовании данной проблемы повсеместно и необходимости мониторинга, контроля и оценки рисков контаминации микотоксинами кормов и продукции растительного происхождения.

Согласно литературным данным, в Российской Федерации наиболее часто выявляют ДОН, Т-2 токсин, зеараленон и афлатоксины. Анализ загрязнения продовольственного зерна урожая 2020 г. показал, что в 10% проб содержится одновременно два микотоксина и более. Наиболее частыми контаминантами зерна оказались тентоксин, ДОН и циклопиазоновая кислота, а кукурузы – фумонизины В1 и В2. Также были выявлены охратоксин А, афлатоксины, зеараленон, токсины Т-2 и НТ-2, цитринин, стеригматоцистин, охратоксин В, альтернариол и его метиловый эфир, альтенуен и микофеноловая кислота [49].

Патологическое действие разных видов микотоксинов на живые организмы специфично, они обладают высокой токсичностью и кумулятивными свойствами, выраженным эмбриотоксическим, тератогенным, мутагенным, канцерогенным, иммуносупрессивным, цито-, гепато-, нейро-, дермато-, нефротоксическим действием. Микотоксины ингибируют синтез протеина в организме, вызывают гипоплазию лимфатической ткани и изменения в костном мозге, нарушают белковый, липидный и минеральный обмен веществ, способствуют увеличению аллергезов, приводят к поражению печени и почек, органов воспроизводительной системы [1, 12, 50].

Для стран ЕС предельно допустимые концентрации содержания микотоксинов в пищевых продуктах и продукции сельскохозяйственного происхождения определяет Объединенный экспертный комитет ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA). Комитет состоит

из независимых международных экспертов, которые, опираясь на результаты научно-исследовательской деятельности, издадут рекомендации относительно предельно допустимых уровней содержания и потребления, мер по предотвращению и снижению контаминации, лабораторных методов определения концентрации и др. Публикации ЖЕСФА расцениваются как международные справочные документы, на основании которых разрабатывают международные и региональные стандарты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно годовым отчетам за 2020–2022 гг., в системе RASFF размещено 1312 сообщений о превышении ПДК микотоксинов. Установлено, что наиболее часто регистрируемыми контаминантами за исследуемый период были афлатоксины (87,1%), на втором месте по количеству сообщений был охратоксин А (11,6%). Также выявлены факты превышения ПДК патулина (0,6%), ДОН (0,5%), зеараленона (0,2%). При этом превышение предельно допустимого уровня анализируемых микотоксинов зафиксировано исключительно в продукции растительного происхождения.

В продукции, относящейся к категории «крупы и хлебобулочные изделия», обнаружено превышение ПДК всех контролируемых микотоксинов: афлатоксинов (65,4%), охратоксина А (27,7%), ДОН (5,4%) и зеараленона (1,5%); к категории «фрукты и овощи» – трех микотоксинов: афлатоксинов (70,4%), охратоксина А (28,4%), патулина (1,2%).

Из 1312 уведомлений, зарегистрированных в системе RASFF в 2020–2022 гг., 97,5% составляли случаи выявления микотоксинов в пищевых продуктах растительного происхождения и 2,5% – в кормах и кормовом сырье. Причем в кормах обнаруживали исключительно афлатоксины.

Одновременная контаминация несколькими микотоксинами была отмечена в 16 случаях, сочетанное загрязнение афлатоксинами и охратоксином А зафиксировано в 14 сообщениях, по одному уведомлению касалось совместной контаминации зеараленоном и ДОН, а также зеараленоном и афлатоксинами.

В системе RASFF за анализируемый период 76,8% уведомлений о выявлении микотоксинов были сформированы при проведении пограничного контроля; 12,3% – в ходе официального контроля на рынке; 10,8% – в результате внутренних проверок; 0,1% – после поступления жалоб потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В. С., Самбуров Н. В., Воробьева Н. В. Проблемы микотоксикозов в современных условиях и принципы профилактических решений: монография. Курск: Планета+; 2018. 158 с.
2. Коцаев А. Г., Хмара И. В. Особенности сезонной контаминации микотоксинами зернового сырья и комбикормов в Краснодарском крае. *Ветеринария Кубани*. 2013; (2): 20–22. <https://elibrary.ru/pzzawr>
3. Palumbo R., Crisci A., Venâncio A., Cortiñas Abrahantes J., Dorne J.-L., Battilani P., Toscano P. Occurrence and co-occurrence of mycotoxins in cereal-based feed and food. *Microorganisms*. 2020; 8 (1):74. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010074>
4. Moretti A., Pascali M., Logrieco A. F. Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. *Trends in Food Science & Technology*. 2019; 84: 38–40. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.008>
5. Bondy G. S., Pestka J. J. Immunomodulation by fungal toxins. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. 2000; 3 (2): 109–143. <https://doi.org/10.1080/109374000281113>
6. Антипов В. А., Васильев В. Ф., Кутищева Т. Г. Микотоксикозы – важная проблема животноводства. *Ветеринария*. 2007; (11): 7–9. <https://elibrary.ru/iccizy>

7. Bryden W. L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*. 2012; 173 (1–2): 134–158. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.12.014>
8. Gallo A., Giuberti G., Frisvad J. C., Bertuzzi T., Nielsen K. F. Review on mycotoxin issues in ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins*. 2015; 7 (8): 3057–3111. <https://doi.org/10.3390/toxins7083057>
9. Овчинников П. С., Капустин А. В., Лаишевцев А. И., Савинов В. А. Микотоксины и микотоксикозы животных – актуальная проблема сельского хозяйства. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2018; (1): 114–123. <https://elibrary.ru/ekrkuj>
10. Кононенко Г. П., Буркин А. А. О контаминации микотоксинами партий сена в животноводческих хозяйствах. *Сельскохозяйственная биология*. 2014; (4): 120–126. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.120rus>
11. Murugesan G. R., Ledoux D. R., Naehrer K., Berthiller F., Applegate T. J., Grenier B., et al. Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry Science*. 2015; 94 (6): 1298–1315. <https://doi.org/10.3382/ps/pev075>
12. Fink-Gremmels J. Mycotoxins: their implications for human and animal health. *Veterinary Quarterly*. 1999; 21 (4): 115–120. <https://doi.org/10.1080/01652176.1999.9695005>
13. Venkatesh N., Keller N. P. Mycotoxins in conversation with bacteria and fungi. *Frontiers in Microbiology*. 2019; (10):403. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00403>
14. Grenier B., Applegate T. J. Modulation of intestinal function following mycotoxin ingestion: meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*. 2013; 5 (2): 396–430. <https://doi.org/10.3390/toxins5020396>
15. Streit E., Schatzmayr G., Tassis P., Tzika E., Marin D., Taranu I., et al. Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed – focus on Europe. *Toxins*. 2012; 4 (10): 788–809. <https://doi.org/10.3390/toxins4100788>
16. Евглевский Ал. А., Евглевская Е. П., Михайлова И. И., Ерыженская Н. Ф., Сулейманова Т. А., Михайлова О. Н. Кормовые микотоксикозы коров в промышленном животноводстве: причины, последствия и эффективные подходы профилактики и лечения. *Ветеринарная патология*. 2018; (1): 47–53. <https://elibrary.ru/wbdqgt>
17. Кононенко Г. П., Буркин А. А., Зотова Е. В. Микотоксикологический мониторинг. Сообщение 1. Полнорационные комбикорма для свиней и птицы (2009–2018 гг.). *Ветеринария сегодня*. 2020; (1): 60–65. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>
18. BIOMIN. *Science & Solutions*. 2015; (19). https://issuu.com/biomin/docs/mag_scol_19_p_ru_0415_original_88
19. Коцаев А. Г., Хмара И. Н., Коцаева О. В., Хатхакумов С. С., Елисеев М. А. Сезонные факторы, влияющие на продуцирование микотоксинов, в зерновом сырье. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014; (96). <https://elibrary.ru/typpmj>
20. World Health Organization. Mycotoxins. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
21. Alshannaq A., Yu J.-H. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017; 14 (6):632. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>
22. Marin S., Ramos A. J., Cano-Sancho G., Sanchez V. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2013; 60: 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
23. Трёмасов М. Я., Новиков В. А., Конюхова В. А., Норкова И. А., Софронов П. В., Семёнов Э. И., Гизатуллин Р. Р. Совместное действие микотоксина Т-2 и кадмия на животных. *Ветеринарный врач*. 2005; (2): 9–11. <https://elibrary.ru/jwukfx>
24. Serrano A. B., Capriotti A. L., Cavaliere C., Piovesana S., Samperi R., Ventura S., Laganà A. Development of a rapid LC-MS/MS method for the determination of emerging *Fusarium* mycotoxins enniatins and beauvericin in human biological fluids. *Toxins*. 2015; 7 (9): 3554–3571. <https://doi.org/10.3390/toxins7093554>
25. Wu F. Global impacts of aflatoxin in maize: trade and human health. *World Mycotoxin Journal*. 2015; 8 (2): 137–142. <https://doi.org/10.3920/WMJ2014.1737>
26. Adegbeye M. J., Reddy P. R. K., Chilaka C. A., Balogun O. B., Elghandour M. M. M. Y., Rivas-Caceres R. R., Salem A. Z. M. Mycotoxin toxicity and residue in animal products: prevalence, consumer exposure and reduction strategies – a review. *Toxicon*. 2020; 177: 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2020.01.007>
27. Battilani P., Toscano P., Van der Fels-Klerx H. J., Moretti A., Camardo Leggieri M., Brera C., et al. Aflatoxin B₁ contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Scientific Reports*. 2016; 6 (1):24328. <https://doi.org/10.1038/srep24328>
28. Bryden W. L. Food and feed, mycotoxins and the perpetual pentagram in a changing animal production environment. *Animal Production Science*. 2012; 52 (7): 383–397. <https://doi.org/10.1071/AN12073>

29. Бурдов Л. Г., Трemasова А. М. К мониторингу зеараленона в кормах Удмуртской Республики. *Ветеринарный врач*. 2011; (5): 12–13. <https://elibrary.ru/oildux>
30. Pestka J. J. Deoxynivalenol: mechanisms of action, human exposure, and toxicological relevance. *Archives of Toxicology*. 2010; 84 (9): 663–679. <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0579-8>
31. Jia R., Ma Q., Fan Y., Ji C., Zhang J., Liu T., Zhao L. The toxic effects of combined aflatoxins and zearalenone in naturally contaminated diets on laying performance, egg quality and mycotoxins residues in eggs of layers and the protective effect of *Bacillus subtilis* biodegradation product. *Food and Chemical Toxicology*. 2016; 90: 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.010>
32. Peilod C., Laborde M., Travel A., Mika A., Bailly J. D., Cleve D., et al. Toxic effects of fumonisins, deoxynivalenol and zearalenone alone and in combination in ducks fed the maximum EU tolerated level. *Toxins*. 2021; 13 (2):152. <https://doi.org/10.3390/toxins13020152>
33. Кононенко Г. П., Буркин А. А. О контаминации фузариотоксинами зерна злаков, используемых на кормовые цели. *Сельскохозяйственная биология*. 2009; 44 (4): 81–88. <https://elibrary.ru/kvczlf>
34. Vidal A., Ouhibi S., Ghali R., Hedhili A., De Saeger S., De Boevre M. The mycotoxin patulin: an updated short review on occurrence, toxicity and analytical challenges. *Food and Chemical Toxicology*. 2019; 129: 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.048>
35. Семенова С. А., Потехина Р. М., Семенов Э. И., Валиев А. Р., Мишина Н. Н., Хусаинов И. Т. Оценка токсичности кормов по регионам Российской Федерации. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2015; 224 (4): 196–199. <https://elibrary.ru/uqethx>
36. Семенов Э. И., Трemasов М. Я., Папуниди К. Х., Никитин А. И., Мишина Н. Н., Танасева С. А. и др. Методические рекомендации по диагностике, профилактике и лечению микотоксикозов животных. М.: ФГБНУ «Росинформагротех»; 2017; 3–8. <https://elibrary.ru/docmh9>
37. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). Мониторинг. <https://fsvps.gov.ru/monitoring>
38. Шмайхель С. Е., Шадрова Н. Б. Анализ выявлений бактерий рода *Salmonella* в странах Европейского союза по данным информационной системы RASFF. *Ветеринария сегодня*. 2018; (4): 12–20. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-4-27-12-20>
39. Сэдик Д., Ульбрихт К., Джаманкулов Н. Система контроля безопасности пищевой продукции в Европейском союзе и Евразийском экономическом союзе. *Торговая политика*. 2016; (2): 41–83. <https://elibrary.ru/ytfvfh>
40. Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF). https://ec.europa.eu/food/safety/rasff_en
41. Völkel I., Schröder-Merker E., Czerny C.-P. The carry-over of mycotoxins in products of animal origin with special regard to its implications for the European food safety legislation. *Food and Nutrition Sciences*. 2011; 2 (8): 852–867. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.28117>
42. European Commission: Directorate-General for Health and Consumers. Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) – 30 years of keeping consumers safe. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2009. 40 p. <https://data.europa.eu/doi/10.2772/10448>
43. European Food Safety Authority (EFSA). <https://www.efsa.europa.eu/en/efsawho/scpanels.htm>
44. European Commission. Food Safety. https://food.ec.europa.eu/index_en
45. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) – Annual Report 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2021. 35 p. <https://doi.org/10.2875/259374>
46. Alert and Cooperation Network – Annual Report 2021. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2022. 25 p. <https://doi.org/10.2875/328358>
47. Alert and Cooperation Network – Annual Report 2022. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2023. 21 p. <https://doi.org/10.2875/70506>
48. European Commission. RASFF Window. NOTIFICATION 2022.6974. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/582640>
49. Седова И. Б., Захарова Л. П., Чалый З. А., Тутельян В. А. Анализ загрязнения продовольственного зерна урожая 2020 года различными микотоксинами в Российской Федерации. *Иммунопатология, аллергология, инфектология*. 2023; (2): 77–85. <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77>
50. Герунов Т. В., Герунова Л. К., Симонова И. А., Крючек Я. О. Сочетанное поражение кормов микотоксинами как фактор риска множественной патологии животных. *Вестник Омского ГАУ*. 2022; (4): 116–123. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2022_4_116
3. Palumbo R., Crisci A., Venâncio A., Cortiñas Abrahantes J., Dorne J.-L., Battilani P., Toscano P. Occurrence and co-occurrence of mycotoxins in cereal-based feed and food. *Microorganisms*. 2020; 8 (1):74. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010074>
4. Moretti A., Pascale M., Logrieco A. F. Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. *Trends in Food Science & Technology*. 2019; 84: 38–40. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.008>
5. Bondy G. S., Pestka J. J. Immunomodulation by fungal toxins. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. 2000; 3 (2): 109–143. <https://doi.org/10.1080/109374000281113>
6. Antipov V. A., Vasiliev V. F., Kutishcheva T. G. Mikotoksikozy – vazhnaya problema zhivotnovodstva = Mycotoxicosis is a major problem of livestock production. *Veterinariya*. 2007; (11): 7–9. <https://elibrary.ru/icciyz> (in Russ.)
7. Bryden W. L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*. 2012; 173 (1–2): 134–158. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014>
8. Gallo A., Giuberti G., Frisvad J. C., Bertuzzi T., Nielsen K. F. Review on mycotoxin issues in ruminants: occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins*. 2015; 7 (8): 3057–3111. <https://doi.org/10.3390/toxins7083057>
9. Ovchinnikov R. S., Kapustin A. V., Laishevstev A. I., Savinov V. A. Mycotoxins and mycotoxicoses of animals as an actual problem of agriculture. *Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*. 2018; (1): 114–123. <https://elibrary.ru/ekrkuj> (in Russ.)
10. Kononenko G. P., Burkin A. A. Mycotoxin contaminations in commercially used hay. *Agricultural Biology*. 2014; (4): 120–126. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.4.120rus> (in Russ.)
11. Murugesan G. R., Ledoux D. R., Naehrer K., Berthiller F., Applegate T. J., Grenier B., et al. Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. *Poultry Science*. 2015; 94 (6): 1298–1315. <https://doi.org/10.3382/ps/pev075>
12. Fink-Gremmels J. Mycotoxins: their implications for human and animal health. *Veterinary Quarterly*. 1999; 21 (4): 115–120. <https://doi.org/10.1080/01652176.1999.9695005>
13. Venkatesh N., Keller N. P. Mycotoxins in conversation with bacteria and fungi. *Frontiers in Microbiology*. 2019; (10):403. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00403>
14. Grenier B., Applegate T. J. Modulation of intestinal function following mycotoxin ingestion: meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*. 2013; 5 (2): 396–430. <https://doi.org/10.3390/toxins5020396>
15. Streit E., Schatzmayr G., Tassis P., Tzika E., Marin D., Taranu I., et al. Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed – focus on Europe. *Toxins*. 2012; 4 (10): 788–809. <https://doi.org/10.3390/toxins4100788>
16. Evglevsky A. I., Evglevskaya E. P., Mikhaylova I. I., Erizhenskaya N. F., Suleymanova T. A., Mikhailova O. N. Mycotoxicoses of cows in industrial livestock: causes, consequences and effective approaches for the prevention and treatment. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2018; (1): 47–53. <https://elibrary.ru/wbdqqt> (in Russ.)
17. Kononenko G. P., Burkin A. A., Zotova Ye. V. Mycotoxicological monitoring. Part 1. Complete mixed feed for pig and poultry (2009–2018). *Veterinary Science Today*. 2020; (1): 60–65. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-1-32-60-65>
18. BIOMIN. *Science & Solutions*. 2015; (19). https://issuu.com/biomin/docs/mag_sciol_19_p_ru_0415_original_88
19. Koshchaev A. G., Khmara I. N., Koshchaeva O. V., Khathakumov S. S., Eliseev M. A. Seasonal factors affecting production of mycotoxins in grain raw material. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2014; (96). <https://elibrary.ru/typfmj> (in Russ.)
20. World Health Organization. Mycotoxins. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
21. Alshannaq A., Yu J.-H. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017; 14 (6):632. <https://doi.org/10.3390/ijerph14060632>
22. Marin S., Ramos A. J., Cano-Sancho G., Sanchez V. Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2013; 60: 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>
23. Tрemasov M. Ya., Novikov V. A., Konyukhova V. A., Norkova I. A., Sofronov P. V., Semenov E. I., Gizatullin R. R. Sovmestnoe deistvie mikotoksina T-2 i kadmija na zhivotnykh = Synergistic effect of T-2 mycotoxin and cadmium on animals. *Veterinariya*. 2005; (2): 9–11. <https://elibrary.ru/jwukfx> (in Russ.)
24. Serrano A. B., Capriotti A. L., Cavaliere C., Piovesana S., Samperi R., Ventura S., Laganà A. Development of a rapid LC-MS/MS method for the determination of emerging *Fusarium* mycotoxins enniatins and beauvericin in human biological fluids. *Toxins*. 2015; 7 (9): 3554–3571. <https://doi.org/10.3390/toxins7093554>
25. Wu F. Global impacts of aflatoxin in maize: trade and human health. *World Mycotoxin Journal*. 2015; 8 (2): 137–142. <https://doi.org/10.3920/WMJ2014.1737>
26. Adegbeyeye M. J., Reddy P. R. K., Chilaka C. A., Balogun O. B., Elghandour M. M. M. Y., Rivas-Caceres R. R., Salem A. Z. M. Mycotoxin toxicity and

REFERENCES

1. Popov V. S., Samburov N. V., Vorobyeva N. V. Mycotoxicosis challenges in current conditions and principles of preventive solutions: Monograph. Kursk: Planet+; 2018. 158 p. (in Russ.)
2. Koshchaev A. G., Khmara I. V. Peculiarities of seasonal mycotoxin contamination of raw grain and mixed fodders in Krasnodar Region. *Veterinariya Kubani*. 2013; (2): 20–22. <https://elibrary.ru/pzawr> (in Russ.)

residue in animal products: prevalence, consumer exposure and reduction strategies – a review. *Toxicol.* 2020; 177: 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.toxicol.2020.01.007>

27. Battilani P., Toscano P., Van der Fels-Klerx H. J., Moretti A., Camardo Leggieri M., Brera C., et al. Aflatoxin B₁ contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Scientific Reports*. 2016; 6 (1):24328. <https://doi.org/10.1038/srep24328>

28. Bryden W. L. Food and feed, mycotoxins and the perpetual pentagram in a changing animal production environment. *Animal Production Science*. 2012; 52 (7): 383–397. <https://doi.org/10.1071/AN12073>

29. Burdov L. G., Tremasova A. M. By monitoring zearalenone in the feeds of the Udmurt Republic. *Veterinarian*. 2011; (5): 12–13. <https://elibrary.ru/oildux> (in Russ.)

30. Pestka J. J. Deoxynivalenol: mechanisms of action, human exposure, and toxicological relevance. *Archives of Toxicology*. 2010; 84 (9): 663–679. <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0579-8>

31. Jia R., Ma Q., Fan Y., Ji C., Zhang J., Liu T., Zhao L. The toxic effects of combined aflatoxins and zearalenone in naturally contaminated diets on laying performance, egg quality and mycotoxins residues in eggs of layers and the protective effect of *Bacillus subtilis* biodegradation product. *Food and Chemical Toxicology*. 2016; 90: 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.010>

32. Peillod C., Laborde M., Travel A., Mika A., Bailly J. D., Cleve D., et al. Toxic effects of fumonisins, deoxynivalenol and zearalenone alone and in combination in ducks fed the maximum EU tolerated level. *Toxins*. 2021; 13 (2):152. <https://doi.org/10.3390/toxins13020152>

33. Kononenko G. P., Burkin A. A. About fusariotoxins contamination of cereals used for fodder. *Agricultural Biology*. 2009; 44 (4): 81–88. <https://elibrary.ru/kvczlf> (in Russ.)

34. Vidal A., Ouhibi S., Ghali R., Hedhili A., De Saeger S., De Boevre M. The mycotoxin patulin: an updated short review on occurrence, toxicity and analytical challenges. *Food and Chemical Toxicology*. 2019; 129: 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.048>

35. Semyonova S. A., Potekhina R. M., Semyonov E. I., Valiev A. R., Mishina N. N., Khusainov I. T. Toxicity evaluation of fodder from various regions of the Russian Federation. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2015; 224 (4): 196–199. <https://elibrary.ru/uqethx> (in Russ.)

36. Semenov E. I., Tremasov M. Y., Papunidi K. H., Nikitin A. I., Mishina N. N., Tanaseva S. A., et al. Guidelines for diagnosis, prevention and treatment of animal mycotoxicosis. Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Argo-Industrial Complex; 2017; 3–8. <https://elibrary.ru/docmhn> (in Russ.)

37. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision (Rosselkhozadzor). Monitoring. <https://fsvps.gov.ru/monitoring> (in Russ.)

38. Smajhel S. Ye., Shadrova N. B. Analysis of *Salmonella* spp. detections in European Union countries according to RASFF database. *Veterinary Science Today*. 2018; (4): 12–20. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2018-4-27-12-20>

39. Sedik D., Ulbricht C., Dzhambankulov N. Control system food safety in the European Union and the Eurasian Economic Union. *Trade Policy*. 2016; (2): 41–83. <https://elibrary.ru/ytfvh> (in Russ.)

40. Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF). https://ec.europa.eu/food/safety/rasff_en

41. Völkel I., Schröer-Merker E., Czerny C.-P. The carry-over of mycotoxins in products of animal origin with special regard to its implications for the European food safety legislation. *Food and Nutrition Sciences*. 2011; 2 (8): 852–867. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.28117>

42. European Commission: Directorate-General for Health and Consumers. Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) – 30 years of keeping consumers safe. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2009. 40 p. <https://data.europa.eu/doi/10.2772/10448>

43. European Food Safety Authority (EFSA). <https://www.efsa.europa.eu/en/efsawho/spanels.htm>

44. European Commission. Food Safety. https://food.ec.europa.eu/index_en

45. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) – Annual Report 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2021. 35 p. <https://doi.org/10.2875/259374>

46. Alert and Cooperation Network – Annual Report 2021. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2022. 25 p. <https://doi.org/10.2875/328358>

47. Alert and Cooperation Network – Annual Report 2022. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2023. 21 p. <https://doi.org/10.2875/70506>

48. European Commission. RASFF Window. NOTIFICATION 2022.6974. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/582640>

49. Sedova I. B., Zakharova L. P., Chalyy Z. A., Tutelyan V. A. Mycotoxin screening in food grain produced in the Russian Federation in 2020. *Immunopathology, allergology, infectology*. 2023; (2): 77–85. <https://doi.org/10.14427/jipai.2023.2.77> (in Russ.)

50. Gerunov T. V., Gerunova L. K., Simonova I. A., Kryuchek Ya. O. Combined damage to feed by mycotoxins as a risk factor for development of multiple pathologies in animals. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022; (4): 116–123. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2022_4_116 (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 01.11.2024

Поступила после рецензирования / Revised 16.12.2024

Принята к публикации / Accepted 26.02.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ибрагимова Селиме Серверовна, ведущий ветеринарный врач отдела микробиологических исследований КрымИЛ ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Симферополь, Республика Крым, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3886-7702>, ibragimova@arriah.ru

Прунтова Ольга Владиславовна, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник информационно-аналитического центра ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>, pruntova@arriah.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

Жбанова Татьяна Валентиновна, канд. биол. наук, младший научный сотрудник отдела образования и научной информации ФГБУ «ВНИИЗЖ», г. Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9857-5915>, zhbanova@arriah.ru

Selime S. Ibragimova, Leading Veterinarian, Microbiological Testing Unit, Crimean Testing Laboratory, Federal Centre for Animal Health, Simferopol, Republic of Crimea, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3886-7702>, ibragimova@arriah.ru

Olga V. Pruntova, Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Researcher, Information and Analysis Centre, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3143-7339>, pruntova@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

Tatyana V. Zhanova, Cand. Sci. (Biology), Junior Researcher, Education and Scientific Support Department, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9857-5915>, zhbanova@arriah.ru

Вклад авторов: Ибрагимова С. С. – формирование концепции исследования, проведение поисково-аналитической работы, анализ и интерпретация полученных данных, составление таблицы и графического материала для визуализации данных, подготовка и написание статьи; Прунтова О. В. – курирование, научное консультирование, формирование концепции исследования, подготовка и написание статьи; Шадрова Н. Б. – научное консультирование по проведению поисково-аналитической работы в системе RASFF, подготовка и написание статьи; Жбанова Т. В. – подготовка и написание статьи.

Contribution of the authors: Ibragimova S. S. – research conceptualization, data search, analysis and interpretation, compilation of tables and graphical material for data visualization, article drafting and writing; Pruntova O. V. – supervision, scientific consultations, research conceptualization, article drafting and writing; Shadrova N. B. – scientific consultations on RASFF searches and analysis, article drafting and writing; Zhanova T. V. – article drafting and writing.

К 70-летию Идриса Гавазовича Идиатулина

Идрис Гавазович Идиатулин родился 6 июня 1955 г. В 1982 г. окончил Ленинградский ветеринарный институт, в 1982–1983 гг. обучался в аспирантуре и защитил кандидатскую диссертацию. Работал заместителем директора сельскохозяйственного молочного предприятия (1993–1998), начальником пограничного контрольного пункта «Балтийский» Северо-Западного зонального управления госветнадзора на государственной границе Российской Федерации и транспорте (1998–2005), заместителем начальника, а затем начальником организационно-инспекторского отдела, заместителем руководителя территориального Управления Россельхознадзора по городу Санкт-Петербургу и Ленинградской области (2005–2011), начальником управления ветеринарии Комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области (2011–2013), начальником Управления ветеринарии Ленинградской области (2013–2019).

За 26 лет производственной ветеринарной деятельности внес большой вклад в дело охраны территории страны от заноса возбудителей заразных болезней животных из зарубежных стран, ветеринарного обеспечения экспорта, импорта животных, продуктов и сырья животного происхождения. Принимал участие в реорганизации государственной ветеринарной службы в сфере государственного ветеринарного надзора на границе и транспорте в пределах территории Ленинградской области.

Большую организаторскую и руководящую деятельность осуществлял в период работы начальником Управления ветеринарии Ленинградской области. Ему принадлежит заслуга оперативного решения задач по внедрению новой системы фиксирования выполнения государственных заданий учреждениями ветеринарной службы: разработка проектов государственных заданий, расчет потребности денежных средств на их выполнение из областного бюджета, своевременное получение бюджетных средств и обеспечение ветеринарных учреждений муниципальных районов и городов необходимыми материально-техническими и денежными средствами. Он поднял на новый современный уровень платные ветеринарные услуги, осуществляемые государственными ветеринарными учреждениями Ленинградской области: возглавил разработку научно обоснованных расценок, обеспечивших экономически эффективную деятельность ве-



теринарных учреждений. Идиатулин И. Г. организовал расчет норм времени на выполнение ветеринарных работ, нормирование труда ветеринарных врачей в лечебно-профилактических, диагностических и ветеринарно-санитарных учреждениях, и на этой основе были установлены научно обоснованные нормы в государственных ветеринарных учреждениях. Под его руководством успешно проводилась профилактика и ликвидация инфекционных болезней животных, в том числе африканской чумы свиней и высокопатогенного гриппа птиц.

Невзирая на почтенный возраст, в настоящее время Идрис Гавазович является председателем Общественного совета при Управлении ветеринарии Ленинградской области. Как опытный специалист, он помогает вести работу, в основном направленную на поддержку и совершенствование инициатив по обращению с бездомными животными.

Идрис Гавазович имеет награды федерального, областного и районного уровней, пользуется заслуженным авторитетом среди коллег и работников сельского хозяйства.

В день Вашего юбилея примите искренние пожелания успехов во всех начинаниях, крепкого здоровья, счастья и благополучия!

Владислав Петрович Онуфриев (1925–1998): к 100-летию со дня рождения

16 апреля 2025 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Владислава Петровича Онуфриева – видного ученого-вирусолога, организатора ветеринарной науки, доктора биологических наук, профессора, члена-корреспондента Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН), заслуженного деятеля науки и техники Украины, участника Великой Отечественной войны, в течение 18 лет проработавшего директором Всесоюзного научно-исследовательского ящурного института (ВНИИЯ).

Владислав Петрович Онуфриев родился в селе Алексеевка Каланчакского района Херсонской области. После окончания неполной средней школы в 1938–1941 гг. учился в Цюрупинском ветеринарном техникуме (Херсонская область).

В связи с началом войны был мобилизован на оборонительные работы в Крыму. С ноября 1943 по август 1946 г. служил в Советской армии, участвовал в Великой Отечественной войне, полтора года воевал разведчиком и командиром отделения моторазведроты 33-й Гвардейской стрелковой дивизии, был ранен.

В конце 1943 г. за проявленное мужество его наградили медалью «За отвагу», в 1944 г. – орденом Славы III степени, в 1945 г. – орденом Славы II степени. В конце войны особенно тяжелыми оказались бои под Кенигсбергом, за участие в которых В. П. Онуфриеву была вручена медаль «За взятие Кенигсберга». Он также был награжден орденом Отечественной войны II степени (1985) и многими медалями.

После демобилизации с 1946 по 1951 г. он – студент Харьковского ветеринарного института, который окончил с отличием. В 1951–1955 гг. работал главным ветеринарным врачом Мглинского райсельхозотдела (Брянская область), а затем старшим ветеринарным врачом Просьянской МТС (Днепропетровская область).

В 1955–1958 гг. обучался в аспирантуре Ленинградского научно-исследовательского ветеринарного института, в 1960 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Изучение токсического действия некоторых препаратов на клеща Иксодес рицинус». С 1959 г. – на научно-исследовательской работе: старший научный сотрудник лаборатории по изучению ящура Украинского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии (г. Харьков), заведующий отделом эпизоотологии Института животноводства и ветеринарии Академии наук Таджик-



ской ССР, а в 1961–1963 гг. – директор Таджикского научно-исследовательского ветеринарного института (г. Душанбе).

В марте 1963 г. В. П. Онуфриев был назначен директором строящегося ВНИИЯ Министерства сельского хозяйства СССР. В этой должности показал себя прекрасным организатором и авторитетным руководителем. На его плечи легли все заботы по строительству мощного современного института, оснащению его необходимым оборудованием, укомплектованию научными и инженерно-техническими кадрами, развертыванию исследований по изучению ящура. Владислав Петрович умело сочетал административную работу с научно-исследовательской, являясь одновременно и заведующим лабораторией иммунологии института. Он подготовил и успешно защитил в 1969 г. диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему «Экспериментальные исследования по иммунологии ящура», а в марте 1972 г. был утвержден в ученном звании профессора по специальности «вирусология». Научные интересы исследователя были направлены на изучение ящура, мер его профилактики и искоренения в стране. Большое внимание было уделено разработке средств и методов

создания пассивного иммунитета у животных различных возрастных групп с применением противоящурных сывороток, иммунолактона и лактоглобулинов, а также изучению процесса формирования активного иммунитета при применении инактивированных моно- и поливалентных противоящурных вакцин. Разработка и внедрение в ветеринарную практику более совершенных средств и методов диагностики ящура и других везикулярных болезней, профилактики и борьбы с ящуром способствовали значительному улучшению эпизоотической обстановки и оздоровлению страны.

При непосредственном участии В. П. Онуфриева было подготовлено обоснование строительства Закавказского (г. Ереван) и Среднеазиатского (г. Душабе) филиалов ВНИЯИ, которые с 1970 г. стали базой научной и производственной деятельности на участках заноса в нашу страну ящура и других особо опасных болезней животных.

За успешное выполнение плановой тематики и внедрение полученных результатов в производство институт, возглавляемый В. П. Онуфриевым, неоднократно награждался переходящим Красным знаменем ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, дипломами ВДНХ, Министерства сельского хозяйства СССР. За разработку комплекса мероприятий, обеспечивающих ликвидацию эпизоотий ящура в стране, и создание устойчивого благополучия по этой инфекции группа ветеринарных специалистов института была отмечена Государственной премией Российской Федерации в области науки и техники.

Владислав Петрович Онуфриев с 1968 по 1981 г. был председателем Координационного совета стран – членов СЭВ по проблеме ящура и проводил большую работу, направленную на повышение уровня научных исследований в специализированных лабораториях

нашей страны и в странах – членах СЭВ, на скорейшее внедрение научных достижений в ветеринарную практику. Он неоднократно участвовал в работе международных конгрессов, симпозиумов, сессий МЭБ (ныне – ВОЗЖ) и СЭВ. Им опубликовано более 300 научных работ, получено 18 авторских свидетельств на изобретения. Под его научным руководством подготовлено 14 докторов и более 40 кандидатов наук. Владислав Петрович Онуфриев являлся председателем ученого и диссертационного советов ВНИЯИ, членом экспертного совета ВАК СССР.

В 1975 г. В. П. Онуфриев был избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ, в 1991 г. – стал членом-корреспондентом РАСХН и Украинской академии аграрных наук, заслуженным деятелем науки и техники Украины. Наряду с этим вел обширную общественную работу: с 1963 г. ежегодно избирался членом партбюро института, с 1964 г. был кандидатом в члены, а с 1966 по 1980 г. – членом Владимирского обкома КПСС. За успехи, достигнутые в разработке и внедрении в производство научных исследований в области сельского хозяйства, награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени (дважды), дипломами и почетными грамотами ВДНХ.

В апреле 1981 г. В. П. Онуфриев перешел на работу заведующим кафедрой микробиологии, вирусологии и проблемной лабораторией Всеукраинской академии сельскохозяйственных наук (г. Киев), которой руководил до своей смерти 16 декабря 1998 г.

Научная эрудиция, профессиональная инициатива, целеустремленность Владислава Петровича сочетались с чуткостью, отзывчивостью, душевной добротой – все это снискало ему заслуженный авторитет как прекрасного человека, выдающегося деятеля в области ветеринарии, глубокое уважение и широкую известность в нашей стране и за рубежом.

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, Россия, г. Владимир, мкр. Юрьевец
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 до 6–8 страниц (до 10 страниц – для обзора); но не менее 5 (при одинарном интервале и размере шрифта 12 пт). Оптимальный объем статьи: 3000–6000 слов.

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 желания 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 статьи, поскольку достойное их воспроизведение типографским способом невозможно).

Работа должна быть представлена в редакторе WORD, формат DOC, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 12 пт, 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 умещаться 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

ФГБУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ» (ФГБУ «ВНИИЗЖ») ОБЪЯВЛЯЕТ НАБОР В АСПИРАНТУРУ В 2025 ГОДУ

ФГБУ «ВНИИЗЖ» является ведущим научным учреждением России в области ветеринарной вирусологии, микробиологии, эпизоотологии, молекулярной биологии. Учреждение выполняет ответственные задачи, направленные на обеспечение биологической безопасности и ветеринарного благополучия по особо опасным и экономически значимым болезням животных на территории Российской Федерации.

Учреждение ведет активную работу по подготовке научных кадров на основании лицензии Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки № Л035-00115-77/00097027 от 20.07.2022 по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по двум научным специальностям:

– 4.2.3 «Инфекционные болезни и иммунология животных». Форма обучения очная, срок обучения – 3 года;

– 1.5.10 «Вирусология». Форма обучения очная, срок обучения – 4 года.

В настоящее время в аспирантуре обучается 36 специалистов, многие из них являются штатными сотрудниками учреждения.

Подготовкой аспирантов занимаются опытные преподаватели и высококвалифицированные сотрудники ФГБУ «ВНИИЗЖ». Материально-техническая база создает важнейшую основу для выполнения исследовательских работ. Аспиранты участвуют в научных конференциях, проходят стажировки в ведущих научных центрах России и за рубежом.

На базе учреждения действует диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций.

Прием документов для поступления в аспирантуру на очную форму обучения будет проводиться с 2 июня по 29 августа 2025 г.

Поступающие в аспирантуру сдают вступительные экзамены по специальной дисциплине, соответствующей профилю направления подготовки, философии и иностранному языку.

На время проведения вступительных испытаний иностранным гражданам предоставляется общежитие.

Аспиранты трудоустраиваются в ФГБУ «ВНИИЗЖ», обеспечиваются стипендией в установленном размере, иностранным предоставляется общежитие.

Подробную информацию об условиях конкурсного приема в аспирантуру можно получить по телефону 8 (4922) 52-99-62 или по электронной почте nikeshina@arriah.ru, zhbanova@arriah.ru

Информация для поступающих в аспирантуру размещена на официальном сайте ФГБУ «ВНИИЗЖ» www.arriah.ru

Адрес приемной комиссии:
600901, г. Владимир, мкр. Юрьевец, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»)

ВАКЦИНА ПРОТИВ РЕПРОДУКТИВНО-РЕСПИРАТОРНОГО СИНДРОМА СВИНЕЙ ЖИВАЯ КУЛЬТУРАЛЬНАЯ СУХАЯ «ВНИИЗЖ-РесурсВак»

Вакцина произведена из культуральной жидкости, содержащей вирус репродуктивно-респираторного синдрома свиней 1-го генотипа (аттенуированный штамм «Борз»), репродуцированный в перевиваемой культуре клеток Magc-145, с добавлением в качестве стабилизатора гидролизата лактальбумина, сахарозы и желатозы.

Препарат предназначен для профилактики репродуктивно-респираторного синдрома свиней в неблагополучных по данному заболеванию хозяйствах.

Запрещено прививать клинически больных и/или ослабленных животных, применять вакцину в хозяйствах, свободных от вируса репродуктивно-респираторного синдрома свиней, где циркуляция возбудителя не подтверждена с помощью достоверных методов

диагностики. Противопоказана к применению хрякам-производителям.

Вакцину вводят строго внутримышечно в область верхней трети шеи в прививном объеме 2,0 см³.

Препарат вызывает формирование иммунного ответа у свиней к вирусу репродуктивно-респираторного синдрома свиней через 21 сутки после однократного применения, который сохраняется в течение 4 месяцев.

Поросята, полученные от вакцинированных свиноматок, имеют колостральный иммунитет в течение первых 2–3 недель жизни.

Ревакцинируют свиней каждые 4 месяца в дозе 2,0 см³. Имеются противопоказания, необходимо читать инструкцию.